

## 北海道・東北地方における日最低気温と冬期の寒さに関する気候地理学的研究

著者	千葉 晃
著者別名	CHIBA Akira
その他のタイトル	A climatological study on daily minimum temperatures and the coldness of winter seasons in the Hokkaido and Tohoku district, Japan.
ページ	1-83
発行年	2016-03-24
学位授与番号	32675乙第219号
学位授与年月日	2016-03-24
学位名	博士(地理学)
学位授与機関	法政大学 (Hosei University)
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10114/12402">http://hdl.handle.net/10114/12402</a>

法政大学審査学位論文

北海道・東北地方における  
日最低気温と冬期の寒さに関する気候地理学的研究

千葉 晃

# 要 旨

冬期に気温が低くなるということは、人間生活に対して様々な影響や制限をもたらす。それは積雪や人間の生理的な影響、ひいては死亡率にまで間接的に関係している。とくに社会・経済活動に対して大きな制約を与える「寒さ」という気候条件を平均値というデータで見るだけでなく、積算値等も利用することで生活の実態に即した比較・評価を行なう必要性があると考えた。

本研究では日最低気温が記録された時のメカニズム、総観場の状況、地点ごとの「寒さの評価」を念頭に置き、いつ、どこで、どの程度気温が低くなる(なった)のかを調査し、地域区分やマッピングを行なう。それらの点が本研究での気候地理学的問題であり、その諸問題を解決すること自体が公共の福祉に与するものと考えた。

本研究での解析対象地域は、中緯度に位置する日本のなかで、冬の寒さが厳しく、日本の最低気温を記録した北海道地方、およびその南に隣接し冬期の平均気温0 の等温線が横切る東北地方の二つの地域とした。

解析に使用する主たるデータは、地域気象観測システム(AMeDAS)の1時間値と10分値である。この他に地上天気図、各等圧面天気図、高層気象観測年報、気象衛星画像などを使用した。

本研究では以下のような諸点が主要な結論として指摘できる。第一に、月最低気温を記録した地点の日時、およびその分布域の特徴を把握した。月最低気温が低い値を記録する日は、必ずしも同一の日に記録されているわけではなく、数日間に集中していた。太平洋側で月最低気温を記録する場合も、日本海側の場合も、雪雲が消失した放射冷却のパターンが多い。500hPa面において北海道付近に低気圧が存在しない日に東北地方各地で月最低気温を記録する傾向にあった。仙台の850hPa面の気温と各地点の月最低気温との相関係数の値は沿岸部で大きく、内陸部で小さい。よって相関係数の値が小さい地点は、上層に流入する寒気の影響を受けにくい地点であると考えられ、むしろ極値となるような低温が放射冷却によってもたらされる地域・地点であることを示唆している。

第二に、東北地方における結果を応用し、北海道地方を解析対象とした場合、地域気象観測システムの地点で最も低温な地域はどこなのか、またどのような総観場で低温になりやすいのかを、夏のケースも含めて解析した。その結果、冬期は旭川から名寄を中心とした上川支庁域で相対的に低温となる。このデー

タセットでの最低値は、1月では旭川市江丹別で - 37.1 、6月は川湯で - 3.7 であった。6月でも氷点下を記録する地点が北海道内で42%も出現している。したがって、防災の観点から北海道に関しては、夏期についても防寒対策を立案・計画する必要性があると言える。最低気温が記録されるような日の総観場の特徴は、冬期ではシベリアからの寒気が南下し500hPa面の低気圧が北海道を通過した後、夏期ではオホーツク高気圧が張り出すケースであった。冬期の道内で気温が低くなるような日には、全層にわたって風速が弱くなる。

第三に、冬の寒さを気候資源として捉えた場合、その気温の積分値によって算定する必要性もあると考えた。冬の気温の高低は、翌春以降の水資源の蓄積量を決める要因となる。22冬期のデータを使用し、凍結への制約条件をもたらしような0 未満の気温出現率について解析を行なった。並年の分布状況は、北海道の石狩支庁よりも北側と東側の地域で70%以上、東北地方では10~70%未満となっており、新潟県の日本海側では10%以下の地点もあった。

一方、降雪が<sup>みぞれ</sup>霰となるかの境界となる0 以上3 未満の出現率を調べてみると、0 未満の出現率と負の相関関係にあり、出現率が50%を超える地点はこの解析対象地域には存在していない。並年の分布状況について、10%未満の出現率を示す領域は北海道南部を除いた地域に分布している。出現率が大きい領域は東北地方中部にあり、ここが凍結・融解の遷移地帯に該当し、気候変動を受けやすい地域であることがわかった。ここは寒冬年と暖冬年との積雪の多寡などの景観面や積雪水量で大きな差異が見られる地域であると言える。

0 未満の出現頻度においての経年変動で、北海道ではほとんど変化がないものの、東北地方南部で温暖化の兆候が見られる。0 と3 の2つの気温示度を閾値として、トリリニアダイヤグラムのプロット状況から解析対象地域である北海道と東北地方を10の気候型に地点区分することができた。区分された地点の状況について、北海道地方では内陸部と道東およびオホーツク海側の2つのタイプに大きく分類された。東北地方における分布状況は、地域や緯度に依存せず局地性も強く複雑であった。

第四に、日最低気温の時刻別出現頻度を調査した。最低気温記録の時刻分布を知ることができれば、低温になりやすい時刻を把握することとなり、農業気象災害や疾病医学分野への基礎データとして提供できるのではないかと考えた。

最低気温記録出現頻度の最も大きい時刻を1・2月のデータで解析すると、06:50JSTであった。これは、解析対象期間の日の出時刻とほぼ一致した。北海道地方と東北地方における最低気温出現頻度の傾向には、大きな差異はない。一



方、最低気温が記録されにくい時刻は01:40JSTであった。加えて04:30JSTと04:50JST頃は、その前後と比較すると最低気温の出現頻度の増え方が一時的に小さくなる時刻である。

コレスポネンス分析（数量化理論 Ⅱ類）の手法により、各地点を4タイプと原点に近い平均的なタイプの計5つに類型化することができた。それらのピークは、07:30JST以降に小さな出現頻度のピークがあるケース、06:20JSTから07:30JSTに集中しているケース、04:40JST～06:10JSTにピークがあるケース、00:10JST～04:30JSTにピークがあるケース、およびこれらに分類されないタイプのケースがあった。日の出時刻に近い06:20JSTから07:30JSTに分類された地域は、放射冷却によって最低低温が記録されやすい地域であると言える。

最後に、2011年3月11日の東日本大震災発生からその後の被災者が体験した寒さを、これまで研究してきた解析手法を用い当時の気象データをもとに検討を試みた。その結果、東日本大震災の地震発生時、岩手県から宮城県にかけての太平洋沿岸地域ではおおむね5℃で、塩釜が0.5℃、山田および気仙沼が1.6℃と低い値を観測している。青森、秋田、岩手県の多くの地点では0℃前後であった。翌朝3月12日東北地方沿岸部で日最低気温が最も高かったのが福島県相馬での3.7℃で、最も低かった地点が岩手県譜代で-5.6℃であった。

屋外や暖房のない体育館等で過ごした避難者も多くおり、「寒かった」という証言がこれらのデータによって明白となった。同年3月末までに太平洋側の津波被災地で日最低気温がもっとも低かったのは、3月16日に記録した譜代での-6.4℃である。福島県の地点を除いて、東北地方のほとんどの地点で3月末まで氷点下を記録していた。

本研究に着手した際の当初のねらいは、東北日本における寒さの度合いを調べることに主眼であった。東日本大震災発生後に本研究は大きな意義を持つこととなる。地方自治体の防災計画立案担当者は、気象庁の気象統計情報のデータを積極的に活用し、冬期・夏期の寒さの実態を把握しておくことが必要で、このことで多くの避難者の感じる寒さを少しでも軽減できるのではないかと考えた。厳冬期の避難生活は決して快適ではないものの、避難者が家族単位に分割された暖房のある部屋で必要最低限の生活を送ることができるようにすべきである。これまで継続してきた本論での研究や解析手法によって各地点の寒さの評価を行なうことは、防災の観点から見れば「寒さのハザードマップ」への準備となりうる。

# 目 次

要 旨 - - - - -	(1)
添付図一覧 - - - - -	(8)
添付表一覧 - - - - -	(16)
1. はじめに - - - - -	1
1.1. 本研究の目的（気候地理学的問題の所在とその解決方法） - - - -	1
1.2. 本研究の手順と研究対象地域 - - - - -	3
1.3. 本研究に関わる従来の研究と本研究の位置付け - - - - -	4
1.4. 解析に用いた資料と北海道・東北地方の地域気象観測システム地点 分布 - - - - -	5
1.5. 解析する期間の設定と特異日 - - - - -	6
2. 東北地方における冬期の気温分布の一般性 - - - - -	9
2.1. 東北地方における日最低気温分布 - - - - -	9
2.2. 本章の資料と解析方法 - - - - -	10
2.3. 東北地方において月最低気温が記録されやすい総観場 - - - - -	10
2.4. 本章のまとめ - - - - -	14

3.	北海道地方に冬期・夏期の最低気温極値をもたらす総観場の特徴	15
3.1.	北海道地方における最低気温極値についての研究の必要性	15
3.2.	本章の資料と解析方法	17
3.3.	気温分布についての結果および考察	18
3.3.1.	月最低気温極値 ( $T_{min-ex}$ ) 分布の諸特性	18
3.3.2.	LTDにおける気温の分布傾向	20
3.3.3.	典型的な冬期および夏期LTDの $T_{min}$ 分布と500hPa面天気図	20
3.4.	総観場についての結果および考察	21
3.4.1.	LTDの札幌・根室間の地上気圧傾度	21
3.4.2.	LTDの対流圏中・下層大気との対応	22
3.4.3.	LTD前夜の500hPa面高度場の特徴	23
3.5.	本章のまとめ	24
3.6.	日本最寒の地・旭川市江丹別	25
4.	冬期の北海道・東北地方における0 および3 を閾値とした 気温の出現率	27
4.1.	0 および3 を閾値とした寒さの評価の必要性	27
4.2.	本章の資料と解析方法	29

4.2.1.	本章の資料と解析方法	29
4.2.2.	並年および寒冬年・暖冬年の選出	29
4.3.	結果と考察	30
4.3.1.	代表地点における解析対象全時間の気温頻度分布	30
4.3.2.	0 未満となった時間の出現率（空間分布について）	31
4.3.3.	0 未満となった時間の出現率（年々変動について）	33
4.3.4.	0 以上 3 未満の出現率（空間分布について）	34
4.3.5.	0 以上 3 未満の出現率（年々変動について）	35
4.3.6.	3区間における出現率と地点分類およびその類型化	36
4.4.	本章のまとめ	38
5.	北海道・東北地方の冬期早朝に最低気温が記録される時刻	40
5.1.	最低気温出現時刻研究の必要性	40
5.2.	本章の資料と解析方法	41
5.3.	最低気温出現時刻特定の手法	42
5.4.	統計値による日最低気温が記録される時刻の特徴	43
5.5.	コレスポンデンス分析による結果と考察	44
5.5.1.	コレスポンデンス分析について	44

5.5.2.	コレスポネンス分析による地点類型化の結果	46
5.6.	最低気温が記録される時刻による地域区分	48
5.7.	本章のまとめ	49
6.	本研究のシーズと東日本大震災被災時の気温分布と日最低気温	51
6.1.	本研究のシーズと東日本大震災の発生	51
6.2.	東日本大震災発生当時の気象条件	52
6.3.	東日本大震災発生後の気温と降雪	53
6.4.	東日本大震災発生翌日以降の気温と冬期の避難	55
7.	本研究の結論と将来的な課題	57
7.1.	本研究の結論	57
7.2.	本研究の将来的な課題と寒さのハザードマップの 作成・利用の提案	61
7.3.	本研究のあとがき	63
謝	辞	66
注	記	67
	参考文献（著者50音順・公表年次順／欧文は末尾に掲載）	73

\* 添付図 一括掲載 [ 第1図～第105図 ]

\* 添付表 一括掲載 [ 第1表～第21表 ]

## 添付図

### [ 第1図～第105図 ]

第1図：東京都観察医務院の取り扱った月別異状死（1993～2010年）.

[福永 2012]

第2図：病型別と月別との関連性（CIは脳梗塞、ICHは脳出血、SAHはクモ膜下出血）. [久保・朝日・木田ほか 2005]

第3図：病型別と発症時間帯との関連性（CIは脳梗塞、ICHは脳出血、SAHはクモ膜下出血）. [久保・朝日・木田ほか 2005]

第4図：日本の総死亡率の季節パターンの歴史的変遷．[千葉・靄山 1979]

第5図：2006年12月22日付．[産経新聞記事]

第6図：15歳の都道府県別肥満傾向児の割合．  
[2006年12月22日付 産経新聞記事]

第7図：本研究の解析対象地域概要図．

第8図：0 等温線の南下．[駒林 1986]

第9図：0 等温線と - 3 等温線の平均位置の変位．[前島・山添 1996]

第10図：研究対象地域内にあるアメダス四要素の観測地点分布図．

第11図：札幌の気象暦．[Maejima 1962]

第12図：小名浜の気象暦．[Maejima 1962]

第13図：半旬ごとのDT<sub>max1-10</sub>出現頻度ヒストグラム（冬期を想定）上．  
：半旬ごとのDT<sub>max1-10</sub>出現頻度ヒストグラム（夏期を想定）下．

第14図：平年の気温年変化における最高値出現時期の地域区分．

[真木・久保 1981]

第15図：東北地方の1月の平均気温分布．

[仙台管区気象台 1957：国会図書館デジタルデータによる]

第16図：東北地方の1kmメッシュ気候図（最低気温 1月）／東北地方北部．

[仙台管区気象台 1991]

第17図：東北地方の1kmメッシュ気候図（最低気温 1月）／東北地方南部．

[仙台管区気象台 1991]

第18図：1995年1月の月最低気温の発生起日の空間分布図．

第19図：冬期に日最低気温を低下させる諸要因．

第20図：東北地方における日最低気温月平均値と経年変化．

（東北地方の気象官署17地点の平均値）

第21図：1995年1月の東北地方における月最低気温分布図．

（等高線は200と1000m）

第22図：東北地方の日最低気温の月平均値分布図（1995年1月）．

第23図：東北地方の気候区分図．[小島 1973]

第24図：P型（太平洋地域出現型）の500hPa面における - 30 、 - 36 、 - 42

の等温線分布図と該当日に月最低気温を記録した地点の分布．

第25図：第24図に同じ．ただし、J型（日本海側出現型）のケース．

第26図：第24図に同じ．ただし、N型（東北地方北部出現型）のケース．

第27図：第24図に同じ．ただし、Ss型（日本海側出現型）のケース．

第28図：第24図に同じ．ただし、Sn型（日本海側出現型）のケース．

第29図：1995年1月、2月および3月の500hPa面における低気圧分布図  
（09JSTの位置）．

第30図：1995年1月の仙台（09JST）における気温と風速の鉛直プロファイル  
に見られる変動．

第31図：仙台（21JST）における地上気温と各標準気圧面の気温との相関係数( $r$ )  
の高度変化．

第32図：仙台（09JST）における850hPa面の気温と各地点の日最低気温との一  
点相関係数( $r$ )の分布．

第33図：最低気温記録図．[小林 1979]

第34図：昭和6年1月27日および昭和53年2月17日の最低気温分布．  
[小林 1979]

第35図：昭和31年7、8月平均気温18 以下の日数．[村越 1957]

第36図：第1位品種の作付率からみた地域区分．[元木 1999]

第37図 - a： a型における最低気温の合成図．[大和田・鈴木 1979]  
- b： a型における最低気温の合成図．[大和田・鈴木 1979]

第38図：最低気温極小域の集積図．[佐藤・金澤 1982]

第39図：日平均気温の時間的変動に基づくクラスタリングによる地域区分  
（ a ） およびクラスターの樹状図（ b ）．[加藤 1983]

第40図：北海道における1・2月の月最低気温分布図．  
- a：1月のケース、 - b：2月のケース、  
- c：6月のケース、 - d：7月のケース、 - e：8月のケース．



第41図：前掲の北海道における月最低気温分布（寒候期）.

第42図：前掲の北海道における月最低気温分布（暖候期）.

第43図：北海道で最低気温極値を記録するAMeDAS分布図と、最低気温極値の月別最低値（1979～1996年のデータによる）.

第44図：AMeDAS江丹別〔2006年8月10日筆者撮影〕.

第45図：道内最低気温記録地である江丹別の記録当日の気温変化 .

第46図：名寄、江丹別、富良野、陸別、川湯、鶴居のLTDにおける日最低気温の月別値（1・2月と6・7月：地図は各地点を示す）.

第47図 - a：典型的な冬期LTDの日最低気温の空間分布図  
（1985年1月24日のケース）.

- b：前日21JSTの500hPa面（gpm）等圧面天気図 .

第48図 - a：典型的な夏期LTDの日最低気温の空間分布図  
（1985年6月15日のケース）.

- b：前日21JSTの500hPa面（gpm）等圧面天気図 .

第49図：冬期（1・2月）と夏期（6・7月）それぞれのLTDにおける札幌と根室の等圧面気圧の差異 .

第50図：冬期LTDの稚内（Wk）、札幌（Sp）、根室（Nm）における各指定面高度の気温の出現頻度 .

第51図：夏期LTDの稚内（Wk）、札幌（Sp）、根室（Nm）における各指定面高度の気温の出現頻度 .

第52図 - a：1月のLTDの500hPa面における低気圧と高気圧の分布図 .

- b：1月のLTDの500hPa面における5100gpmの出現頻度分布図 .

第53図 - a : 6月のLTDの500hPa面における低気圧と高気圧の分布図 .  
- b : 6月のLTDの500hPa面における5400gpmの出現頻度分布図 .

第54図 : 旭川市江丹別の位置図 .

第55図 : ケースAのAMeDAS江丹別の特別気温変化推移 .

第56図 : ケースBのAMeDAS江丹別の特別気温変化推移 .

第57図 : 地上の降水の型 ( 雪、霰、雨 ) と気温と相対湿度との関係 .  
[松尾 2001]

第58図 : 固体降水確率と地表面気温との関係 . [Ageta and Higuchi 1984]

第59図 : 降雪発生確率と気温の関係 ( 札幌気象官署 ) . [水津 2001]

第60図 : 北海道の積算寒度分布図 . [田淵 1970]

第61図 : 東北地方の積算寒度分布図 . [田淵 1970]

第62図 : 暖かさの指数、寒さの指数 . [青山 1986]

第63図 : 2つの閾値・0 および3 の意味 .

第64図 : 本章での観測対象地点図 .

第65図 : 気象官署5地点における解析対象全時間の気温頻度分布  
( 1979 ~ 2000年の全てのデータで階級は1 ごと ) .

第66図 : 並年・寒冬年・暖冬年における $f(<0)$ の空間分布 .  
(a) 並年 (1994年)、(b) 寒冬年 (1984年)、(c) 暖冬年 (1989年)

第67図 : 1979 ~ 2000年まで各年の $f(<0)$ の空間分布 .

第68図：日本の推定雪質分布図．[石坂 1996]

第69図： $f(<0)$ と緯度との関係．

第70図： $f(<0)$ のアイソプレス．

(日本海側: 稚内・羽幌・寿都・江差・深浦・秋田・酒田・新潟  
太平洋側: 北見枝幸・網走・根室・浦河・宮古・仙台・小名浜)

第71図： $f(<0)$ の経年変動における標準偏差の空間分布．

第72図： $f(<0)$ と $f(0\sim3)$ との関係．

第73図：並年および寒冬年、暖冬年における $f(0\sim3)$ の空間分布．

第74図：1979～2000年まで各年の $f(0\sim3)$ の空間分布．

第75図： $f(0\sim3)$ と緯度との関係．

第76図： $f(0\sim3)$ のアイソプレス．

第77図：並年・寒冬年・暖冬年における0、3を閾値とした気温出現率．

第78図：0、3を閾値とした出現率と地点分類．

第79図：第78図によって分類された地点の空間分布．

第80図：2月1日の日の出等時刻線．

第81図：解析対象地点全体での最低気温出現頻度．

第82図：06:30～07:10JSTの時間帯に最低気温を記録した回数の分布図．

第83図：06:10～06:50JSTの時間帯に最低気温を記録した回数の分布図．

第84図：06:50～07:30JSTの時間帯に最低気温を記録した回数の分布図．

第85図：コレスポネンス分析による地点のスコア散布図．

第86図：コレスポネンス分析による時刻のスコア散布図．

第87図：I型に分類された地点の空間分布図（上）．

I型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）．

第88図：Ⅱ型に分類された地点の空間分布図（上）．

Ⅱ型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）．

第89図：Ⅲ型に分類された地点の空間分布図（上）．

Ⅲ型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）．

第90図：Ⅳ型に分類された地点の空間分布図（上）．

Ⅳ型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）．

第91図：V型に分類された地点の空間分布図（上）．

V型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）．

第92図：各タイプに分類された地点の最低気温出現頻度の平均値．

第93図：V型に分類された地点と全地点における最低気温出現頻度の平均値の比較．

第94図：1月1日の日の出の同時線．[長沢 1999]

第95図：夏至の日の出の同時線．[長沢 1999]

第96図：秋分の日出の同時線．[長沢 1999]

第97図：東日本大震災時の小学生の作文の例．[森 編 2011]

第98図：2011年3月11日の東日本19地点の海面気圧の時間変化．

[千葉・小林・金田 2012]

第99図：2011年3月11日15JSTの地上天気図．[気象庁による]

第100図：2011年3月11日13、14、15、16JSTの衛星写真．

[高知大学気象頁 保存書庫]

第101図：2011年3月11日の仙台管区気象台の気象記録（10秒値）．AとBの破線

は各々地震発生時刻と15:10JSTを示す．[千葉・小林・金田 2012]

第102図：東日本大震災被災6分前2011年3月11日14:40JSTの気温分布．

第103図：東日本大震災発生の翌日2011年3月12日の日最低気温分布．

第104図：東日本大震災被災翌日から3月末までの天気図．

[気象庁 気象統計情報]

第105図：本研究の意義．

**【添付表】**

**[ 第1表～第21表 ]**

第1表：最低気温の記録．[小林 1979]

第2表 - a：DT<sub>min</sub>1-10起日の頻度が多い半旬（冬期を想定）．

- b：DT<sub>max</sub>1-10起日の頻度が多い半旬（夏期を想定）．

第3表 - a：DT<sub>min</sub>1-10起日の頻度が多い特異日．

- b：DT<sub>max</sub>1-10起日の頻度が多い特異日．

第4表：1995年1月の月最低気温ランキング（低い方から）．

第5表：旭川と帯広の1月における最低気温の比較．[大和田・鈴木 1979]

第6表：選出された1・2月および6・7月の解析対象日（LTD）夏と冬．

第7表：選出された1・2月の解析対象日（LTD）の詳細事例．

第8表：LTDの稚内（Wk）、札幌（Sp）、根室（Nm）における850、700、500 hPa面の気温平均値（第8表 - a）と風速平均値（第8表 - b）．

第9表：降雪100%、0%気温と固体・液体降水同日発生確率．[水津 2001]

第10表：並年、寒冬年、暖冬年における気象官署の順位加算表．

第11表：寒冬年（1984年）の $f(<0)$ 未満となった時間数( $h<0$ )上位10位までの地点と順位．

第12表：各時間帯別の最低気温出現頻度．

第13表：コレスポネンス分析によって解析するデータ行列の例．

第14表：東日本大震災被災翌日から3月末までの日最低気温．  
[気象庁 気象統計情報]

第15表：日最低気温の順位表（0.1 ）．[気象庁 1962]

第16表：気象統計情報による1月の月最低気温ランキング．  
[気象庁 気象統計情報]

第17表：気象統計情報による2月の月最低気温ランキング．  
[気象庁 気象統計情報]

第18表：気象統計情報による3月の月最低気温ランキング．  
[気象庁 気象統計情報]

第19表：気象統計情報による6月の月最低気温ランキング．  
[気象庁 気象統計情報]

第20表：気象統計情報による7月の月最低気温ランキング．  
[気象庁 気象統計情報]

第21表：気象統計情報による8月の月最低気温ランキング．  
[気象庁 気象統計情報]

## 1. はじめに

### 1.1. 本研究の目的(気候地理学的問題の所在とその解決方法)

日本の国土領域は北緯 20 度から 45 度までの中緯度に位置し、南北 3000km 以上もの距離がある。それゆえ、南北間の気温差も恒常的に大きく、冬期においてはことさらその差が大きくなる(注記 1)。例えば、沖縄県石垣島における 1 月の日最低気温にちさいていきおんの平均値は 16.5℃ (1981 ～ 2010 年・気象庁気象統計情報による) (注記 2)である一方、北海道旭川では - 12.3℃で (同期間・同データによる)、両者には 28.8℃の差が生じている。

ところで、わが国の日最低気温極値は周知のとおり北海道・旭川における - 41.0℃である。非公式な記録としては、美深びふかにおいての - 41.5℃が低極となっている (小林 1979 による第 1 表；宮澤 1993 など) (注記 3)。

「気温が低い」という状態は、人間の諸活動に対して直接的あるいは間接的な影響や制限をもたらす。人間が生活するうえで、寒さへの適応をするために低温になるほどカロリー消費量が多くなることは生理学的な点でもよく知られている (伊藤 1987)。厳寒期の降水現象は、液体降水から固体降水へと変化することで、それが積雪となって交通障害などをもたらす。

また、医学的見地からでは、冬期の寒さは脳の血管障害などの疾病との関わりが医療従事者からの研究で指摘されている。徐・星・ト部 (2004) によれば脳卒中に罹患する確率は室外気温との関係が大きいという。気温の日変化を視点に入れると、朝方と夕方に脳卒中発生件数が増えることが指摘されている (徐・星・ト部 2004)。さらに福永 (2012) では、冬期寒冷環境下の死亡者数は男性の割合が多く、とくに 65 歳以上の高齢者で入浴中の死亡が多くなる。長谷川 (2012) によれば、積雪寒冷地とヒートショックとの関連性も指摘されている。また、東京都監察医務院が取り扱った月別の異状死の統計によれば、1 月と 7 月が最も数が多いという (福永 2012 による第 1 図)。

秋田県北部の医学的事例検討を実施した久保・朝日・木田ほか (2005) によれば、脳卒中の発生頻度は 1、3、12 月に高く (久保・朝日・木田ほか 2005 による第 2 図)、なかでも 12 月が最も高い。発生時刻に関しては、朝 7 時にピークがあることがわかる (久保・朝日・木田ほか 2005 による第 3 図)。

一般的な死亡率に目を移してみると、明治時代では夏に大きい値を示す一方で、第二次世界大戦後の死亡率は、冬にその値が高くなるように変化した (千



葉・靱山 1979 による第 4 図)。これは、冷蔵庫の普及など衛生状態の向上に依る変化が大きいという。

別な視点では、2006 年 12 月に平成 18 年度の学校保健統計調査が公開され、東北地方の小学生は肥満の傾向がある（産経新聞 2006 年 12 月 22 日付による第 5 図）との新聞報道がなされた。寒冷地では屋外における運動が不足しがちであるという点が原因として指摘されている（同記事の地図拡大 第 6 図）（注記 4）。

寒さを多角的な視点で見ると、次のような研究への関連性もある。例えば、温暖地において春先に真冬並みの寒気が到来し、最低気温が平年値よりも大幅に低温になれば、茶などの作物が凍霜害の影響により、大きな物的被害を受けることもある（例えば、松尾・荒木・岡本 2010 など）。また、花卉栽培において、積算低温遭遇時間が大きいと種によっては形体異常の花序を発生させる確率が高くなるという（例えば、山口・後藤・小日置ほか 2014 など）。農業と気象との関係についての研究・報告は、第二次世界大戦後すぐに刊行された大後（1945）による「日本作物気象の研究」に詳しく報じられている。このように植物の生育環境や農産物への影響についても、研究のニーズがあることがわかった。

人間の諸活動、とくに社会・経済活動に対して大きな制約を与える冬期の寒さという気候・気象の諸条件を詳しく知ることが大切であると、仙台管区气象台（1991）は指摘している。寒さをしのいで快適に生活するためには、様々な知恵や工夫が必要となってくる。その前提として、寒さの度合いを平均値以外のいくつかの視点で評価し、「本当の寒さ」の指標とは何なのかを追究すべきであると考えた。

また、社会的問題点を念頭に置いたうえで、日較差が大きい冬期の最低気温とその気温の高低に着目し、とくに日最低気温が記録された時のメカニズム、総観場の状況、地点ごとの「寒さの評価」を含め、いつ気温が低くなるのかを調査する必要がある。

それが本研究での気候地理学的問題であり、その諸問題を解決することで公共の福祉に寄与するもの、と筆者は考えた。

本論第 1 章から第 5 章までは、気候学的視点を重点に研究をすすめた。第 6 章については、2011 年に発生した東日本大震災の被災後において防災・減災の視点をまじえ第 1 章から第 5 章までの手法を用い、当時の寒さを評価しながら研究・考察を試みた。

## 1.2. 本研究の手順と研究対象地域

解析対象地域内の冬の寒さの評価に関する研究を進めていく上での焦点は、次に示す四点で、解析は次の手順で行なうこととする。

まず第一に、日最低気温記録箇所の日時とその分布域の特徴を把握することが挙げられる。気象庁の予報業務では MOS 式などを使用して、毎日翌朝の最低気温予測値を提供している（例えば、山岸 1992 など）。そこで、日最低気温の地理的分布状況を中心にその特徴を知る必要がある。これに関して、日最低気温が低い値となりやすい日はどのような総観場になっているのか、加えて最寒月の月最低気温も知りたい。これらの内容は、本研究の第 2 章において東北地方を対象地域として解析を実施する。

第二に、第 2 章での東北地方における結果を応用し、日本で最も低温な地方である北海道を対象として、地域気象観測システム観測地点での観測展開後に最も低温な地域はどこにあるのか、またどのような総観場で低温になりやすいのかを、夏期の事例も含めて一般性を導こうと考えた。これらの内容は、本研究の第 3 章で解析を実施する。

第三に、冬期の気温を「気候資源」として捉えた場合、その気温の積分値を見積もる必要がある。冬期の気温の高低は、主に多雪地において翌春以降の水資源の蓄積量を決める要因となり、水文地理学的観点から無視し得ないインパクトを持つ。加えて、サクラやウメのについても、その開花に際して冬期低温による「休眠」が必要とされている（例えば、青野・佐藤 1996）。温暖化の影響によってその休眠の遅延・影響をもたらしている、という報告もある（本條 2007）。それらを長期間の地域気象観測システムの地点データを使用し、データマイニング的な手法での評価を試みた。これらの内容は、本研究の第 4 章で解析を実施する。

第四に日最低気温はどの時刻に出現する頻度が高くなるのかを知りたい。日最低気温発現の時刻分布を知ることができれば、最も低温になりやすい時刻を把握できることとなり、農業気象災害分野や疾患など医学分野への基礎データとして寄与できるのではないかと考えた。この内容は、本研究の第 5 章で解析を実施する。

最後に、前章までの研究結果とその手法が、東日本大震災の発生から、その

後の被災者が体験した寒さの評価につながると考え、当時の気象データをもとに検討を試みる。この内容は、本研究の第 6 章で解析を実施する。

さて、冬期の最低気温場に関して複数の視点から解析を行なうことを目的に据えた、と先に述べた。本研究での解析対象地域は、東北地方と北海道地方の二つを含めた地域と定めた(注記 5)。解析対象地域の概要図は第 7 図に示している。本研究において解析対象地域を北海道地方と東北地方に設定した最大理由は、次の二点による。

まず一点は、気温は通常大気と地面間の熱収支で決定される。広義で気温は緯度の高低に依存するという条件から、地形配列が南北方向の地域のほうが比較・検討を行ないやすいという点である。これは両地域の地形が、東日本火山帯から千島列島へと島孤会合するまでと、最北端の稚内に至るまでほぼ南北方向となっている(石城・福田 編 1994)からである。

もう一点は、最寒月平均気温 0℃の等温線が本研究の解析対象範囲(山形県一宮城県間)を横断しており(駒林 1986 による第 8 図; 前島・山添 1996 による第 9 図)、ここが凍結・融解の遷移地帯でかつ多雪寒冷地との境界であるという点にある。これは即ち降水が固体のままなのか、融解して液体となるかのおよその分かれ目が東北地方中部に存在することを意味しているものと解釈したからである。

### 1.3. 本研究に関わる従来の研究と本研究の位置付け

本研究の基礎になるものは気候図である。気候図は、児童・生徒が利用する地図帳にも掲載されているもの(例えば、帝国書院編集部 編 2011 など)から、気温のみならず天候と降水量分布を示した例がある。これら気候図は、河村(1964)に示されたような降水量分布図や、近年では衛星画像を利用した積雪域を示した近藤・鈴木(2005)などにみられるよう、気候学研究のアウトプットとしてこれまで数多く作成されている。ただし、データの分解能が低かったり、即応性に乏しいという点も事実であろう。昨今、地球温暖化が叫ばれている中で、例えば数十年を遡ったデータを利用して気候図を描画することには、疑問の念を抱いてしまう。このような点を踏まえ、本研究では可能な限り新しいデータで表現することを念頭に置いた。

前節において説明したように、本研究では日最低気温の極値や気温の積算値を主たる解析すべきデータとしている。極値はまさに瞬間値であり、瞬間値といっても同時性はない。また、積算値についても平均された気候値とはデータの質としては趣を異にする。これらの点から、平均値を利用して気候図を描画するような従来の気候学と本研究の間には大きな違いがある。

加えて、地域気象観測システムによる 1 時間値と、分解能が細くなったその 10 分値を利用し、瞬間値が発生した時刻についての考察を実施しようと試みている。これがまさに「時刻気候」であって 10 分値の出現がなければ実現できなかった研究である。以上のことが、本研究のオリジナリティであると筆者は考えた。

#### 1.4. 解析に用いた資料と北海道・東北地方の地域気象観測システム地点分布

本研究では、北緯 37 度以北の新潟県を含む北海道と東北地方の地域気象観測システム観測地点の気温データを資料として研究・解析を行なう。データセットには 1 時間値と 10 分値がある。主要四要素（気温・風向風速・雨量・日照）の観測が行なわれている地点は、北海道地方には 160 地点、東北地方には 145 地点ある（第 10 図）。

各章における解析手法や当時の地域気象観測システムの展開状況が異なっているため、処理方法や地点数は各章にて後述することとした。なお、周辺部の解析も行なうために関東地方の一部を含めた章もある。観測地点分布の粗密に關しての偏在性はほとんどない。

本研究の基礎データとして使用している地域気象観測システム（以下 AMeDAS と呼ぶ）は、1972 年 3 月に試作第 1 号機が完成し、1974 年 6 月から設置開始となった。現在では四要素を観測できる AMeDAS は全国に 2015 年 8 月現在 838 箇所に設置されている。平均格子間隔は池田ほか（2000）によれば、2000 年当時で 21km となっている。これらの AMeDAS は、元来 10 分間隔の時刻管理システムを持っており（定村 1996）、10 分値に関しても 1990 年代から一般に公表され、活用され始めるようになった。

2006 年 3 月からは空港出張所、航空測候所、航空地方气象台での観測も利用できるようになり、とくに第 6 章のデータセットとして利用した。

### 1.5. 解析する期間の設定と特異日

本節では、本研究の解析対象地域における冬（冬期）とはいつなのかを検討する。

日本付近における気温の季節変化に注目した際、1 年の最寒月は 1 月～2 月にかけて、また最暖月は 7～8 月であることはよく知られている。これらは通常、気温の平均値で判断されているので月単位のおおまかな情報として把握されるにすぎない。しかしながら Maejima (1962) は、主要な気象官署 5 地点の日最低と日最高気温と他の気候要素から年変化を連続的に示し、自然季節の期間を設定している (Maejima 1962 による第 11 図札幌・第 12 図小名浜)。これがいわゆる singularity で、日本語では「特異日」と訳され、季節変化上の頻出日と定義されている。singularity 出現のシステムは、高気圧あるいは低気圧活動との関連性から説明されることが多い (例えば、Maejima 1962 ; 山川 1988 など)。

本節では、年間で最も気温が低くなる時期と高くなる時期それぞれについて、平均値などの平滑化された値ではなく、最低・最高気温の極値あるいは極値に準ずる値を記録した起日の頻度から統計的に求めた。

本節での解析に使用するデータは、1979 年から 1997 年までの 19 年間の AMeDAS 時別データによる日最低気温の低い方から 1～10 位までの起日（以下  $DT_{min1-10}$ ）、同様に日最高気温の高い方から 1～10 位までの起日（以下  $DT_{max1-10}$ ）である。解析対象地域は、北海道、東北地方に関東甲信越地方を加え、これらを広義で便宜的に東日本と呼んだ。この域内に、AMeDAS 四要素観測地点は全部で 518 箇所あった。以上のデータについて  $DT_{min1-10}$  と  $DT_{max1-10}$  の出現起日を半旬単位でそれぞれ調べて、出現頻度の高い起日を日付レベルでの singularity として算出し、地域性を確認した。

各地点の  $DT_{min1-10}$  から半旬ごとのヒストグラムを作成した結果 (第 13 図)、北海道地方ではその極大が第 5 半旬 (1 / 21～25) に、東北地方では第 8 半旬 (2 / 5～9)、関東甲信越地方では第 7 半旬 (1 / 31～2 / 4) にみられた。東日本全体のデータを使用すると第 6 半旬 (1 / 26～30) に極大が出現し、小さなピークが第 10～11 半旬 (2 / 15～24) に現われている。第 5 半旬 (1

／ 21 ～ 25) の北海道では  $DT_{min1-10}$  の起日の頻度が他の 2 つの地域よりも大きく、母集団の 24 % にものぼる。この図の各地点の最高気温の 1 ～ 10 位までがいつ記録されたかという議論において、北海道は低極のみを見ると 1 月の第 4 半旬にピークを迎える。気温の低さだけではなく、第一級の寒気が入り込むことが 1 月下旬に多い。

$DT_{min1-10}$  が 1 地点でも記録された起日の最早から最晩までの範囲は、前年の第 68 ～ 17 半旬 (12 / 2 ～ 3 / 26) までの 23 半旬間 (115 日間) であった。

本研究では全体をとおして、解析期間をとくに冬期に限定している。しかしながら気候地理学的な観点から、夏の最中にある「冬への折り返し点」がいつなのかを明確にしておく必要があるため、本章と後述する北海道の章で、夏期気温について説明を加える。

その夏期について、各地点の  $DT_{max1-10}$  起日を解析すると (第 2 表)、北海道地方では第 43 半旬 (7 / 30 ～ 8 / 3)、東北地方で第 46 半旬 (8 / 14 ～ 18)、関東甲信越地方で第 44 半旬 (8 / 4 ～ 8) にそれぞれ極大がみられ、冬期と同様に最大で半月のずれがある。東日本全体での極大は、第 43 ～ 46 半旬 (7 / 30 ～ 8 / 18) にあった。

なお第 14 図に示した、真木・久保 (1981) の研究によれば、比較的早めの第 42 半旬 (7 / 25 ～ 7 / 29) に盛夏を迎える地点が、北海道の内陸部、青森県陸奥湾周辺、そして東北南部から北関東から北陸にかけての地域であることがわかる。この図から、本節での結果とおおむね一致することが確認できた。

一方、遅めの盛夏期到来として第 46 半旬 (8 / 14 ～ 18) に記録している地域が、東北地方中部と北海道の日本海側とオホーツク海側の沿岸部、そして東北地方から関東地方の太平洋側に分布していることが指摘されている。

興味深い点として、第 47 半旬 (8 / 19 ～ 23) の晩夏期に「盛夏」を迎えるところが胆振・日高地方であった。この理由については、沿岸を流れる海流や海水温との関係を含め、改めて研究を実施する必要性があるだろう。

$DT_{max1-10}$  が 1 地点でも記録された起日の最早から最晩までの範囲は第 27 ～ 55 半旬 (5 / 11 ～ 10 / 2) までの 29 半旬間 (145 日間) であり、 $DT_{min1-10}$  の範囲よりも 30 日ほど広い。東北地方の  $DT_{max1-10}$  起日が他の地域よりも遅れる理由は、本来、最高気温が記録されるはずの 8 月上旬頃までオホーツク気団の影響が残るような年次もあることによると推測される。北海道では、季節推移が他の地域よりも時期的に早まる傾向にあることも特筆される。

第 3 表には  $DT_{min1-10}$  の特異日と  $DT_{max1-10}$  の特異日を掲載した。東日本での  $DT_{min1-10}$  の特異日は 2 月 2 日、 $DT_{max1-10}$  の特異日は 8 月 7 日であること

も算出された。

結果的には、日最低気温の出現という観点においても、冬期とは1月下旬から2月上旬にかけてがその核心期間となることがわかった。これらの点が本章での研究において改めて確認されたので、本章よりも後における各解析で季節区分を実施する際に、この章の結果を基本条件として解析を継続していくこととする。

## 2. 東北地方における冬期の気温分布の一般性

### 2.1. 東北地方における日最低気温分布

東北地方における冬期の日最低気温分布については、緯度が増すにつれて気温が低下するように見受けられがちであるが、実際は沿岸部の地域よりも内陸の盆地ほど低温になる傾向のあること（小林 1971；近藤・山沢 1983）や、同じ緯度でも奥羽の脊梁山脈を境として、太平洋側が日本海側と比較して低温であることなどの特徴がある。低温を記録するような地域は岩手県内陸部と福島県会津地方の山間部に認められるものの、日本海側の沿岸部では緯度が増すにもかかわらずそれほど気温が低下しない（佐藤・浅見 1988）。

また、日々の気温の変動に注目した場合、どのような総観場のもとで東北地方が相対的に低温になるのかを知る必要がある。しかしながらこの点については、未知な部分が多く、県単位または地点間で日最低気温の予測式を経験的手法から構築している程度にとどまり（例えば、角野 1961）、いずれもメソスケール程度の地域的広がりをもつ分布論とその総観場に関して議論を加えていない。

仙台管区气象台（1951）による1月の平均気温図を見ると（第15図）、 $-4^{\circ}\text{C}$ や $-6^{\circ}\text{C}$ の等温線で閉曲されている領域が岩手県内陸部に見られる。秋田県南部から山形県にかけての日本海側では $0^{\circ}\text{C}$ 、同様に沿岸部である三陸海岸にも $0^{\circ}\text{C}$ の等温線が描画されている。同様に仙台管区气象台（1991）による1kmメッシュ気候図で表現した1月の最低気温分布図についてもこれらと同様な分布の特徴が見られる（第16図、および第17図）。

千葉（1997）は、1月の月最低気温の発生起日の空間分布を示し（第18図）、東北地方のすべての地点が同一の日に月最低気温を記録しているわけではないことを示した。加えて月最低気温を記録するような日の前夜には北海道上空まで寒気が流入し、かつ風速も弱くなっているという結果も得ている。

ところで、冬期に気温が低下するような日の総観場ならびに局地気象場の条件として、①寒気流入の状況、②地表面付近での風速の大小、③夜間の天候、④積雪の有無などが想定される（第19図）。これら個々の条件の解析も必要であるが、まず総観場の検討が先決となる。

そこで本章では、東北地方を中心とした地域で1995年1月に月最低気温を記録した日の総観場の特徴を把握するため、次の点を検討した。①月最低気温



の発生起日分布の同時性と 500hPa 面の等温線の分布パターン、② 500hPa 面での代表的な低気圧の移動経路、③地上気温と対流圏下層の気温との関連性を解くねらいから実施した仙台（09JST）での 850hPa 面の気温と、各地点の日最低気温との相関係数などの比較である。

## 2.2. 本章の資料と解析方法

本章での解析対象地域は、千葉（1997）と同様に新潟県を加えた北緯 37 度以北の東北地方とした。使用したデータは、北緯 37 度以北の東北地方に設置された AMeDAS 地点 169 箇所の気温時別値で、解析対象期間は 1995 年 1 月とした。その理由は、1966 年から 1995 年の東北地方の気象官署 17 地点における日最低気温の 1 月の平均値を検討した結果、1995 年 1 月の値が直近の 5 年間のなかで 30 年間の平均値にほぼ近い値を示していたからである（第 20 図）（注記 6）。

本章では、年々の変動に起因する「ノイズ」を除去するため、複数年のデータを使用していない。また、解析に際して最低気温を扱う性格上、気温の値は高度補正を施さず使用した。

はじめに、月最低気温を記録した地点数が解析対象域内で多い日を解析対象日と設定し、その日に月最低気温を記録した地点の空間分布を示す。つづいて解析対象日の前日 21JST の 500hPa 面高層天気図から、便宜的に 6℃毎となるよう - 42℃、- 36℃、- 30℃の各等温線を選び出し、その分布状況と低気圧の移動経路の総観場を解析した。最後に、地上と対流圏下層の気温との関連性に注目してその地域差を明らかにするという手順を踏む。

## 2.3. 東北地方において月最低気温が記録されやすい総観場

本章で扱った 1995 年 1 月の日最低気温の月平均値の分布を第 21 図に、同月の月最低気温の分布を第 22 図に示す。前者の月平均値の分布図の様相は、前

章でふれた仙台管区气象台（1951）が示す平年値の分布状況と大差がない。後者の月最低気温の分布も、月平均値を表した前述の気候図の様相とおおよそ類似している。しかしながら、より局地性を反映しているので、等温線の閉曲している箇所が内陸部にいくつか認められる。とくに、この月に $-14^{\circ}\text{C}$ 以下を記録している領域は、小島（1973）が主成分分析を用いて示した東北地方の詳細な気候区分の「表日本内陸小雪寒冷地帯」とおおむね一致する（小島 1973 による第 23 図）。

第 4 表 に、月最低気温の値とその起日ならびに地点を、低いほうから 10 位までそれぞれ示した。最も低温な地点は岩手県岩手郡玉山村（現・盛岡市）の藪川<sup>やぶかわ</sup>で、 $-24.0^{\circ}\text{C}$ を記録している。この藪川の気温がとりわけ低くなることは近藤（1987）、菊地（1995）、佐藤・加藤・塩谷ほか（2008）などの指摘を待つまでもなくよく知られている。藪川に次ぐ順位の地点は、 $-19.7^{\circ}\text{C}$ を示した岩手県下閉伊郡川井村<sup>しもへい</sup>の区界<sup>くざかい</sup>（現・岩手県宮古市）で、藪川との差は $4^{\circ}\text{C}$ 以上もある。他の地点と比較して相対的に低温である地点の多くは、岩手県内の内陸部に認められる。しかしながら標高が 1000 m を超えるような山岳の観測地点が、この 10 位の中に全く含まれていない事実も注目に値する。

他方で、月最低気温の高い地点は主に沿岸部に位置しており、しかも太平洋側と比較して日本海側の地域が、内陸部でも気温が低くならない傾向にある。その理由は北西の季節風とその雪雲の影響で、放射冷却現象が進展しにくいからであると推測される。

なお、月最低気温の値が最も高い地点は佐渡島の相川（新潟県佐渡郡相川町：現・佐渡市）で $-2.3^{\circ}\text{C}$ であった。さらに日本海に浮かぶ飛島<sup>とびしま</sup>（山形県酒田市）や粟島<sup>あわしま</sup>（新潟県岩船郡粟島浦村）、あるいは太平洋女川沖の江ノ島<sup>おながわ</sup>（宮城県牡鹿郡女川町）などの島嶼部も相対的に高温である。

千葉（1997）では、1995 年 1 月において、月最低気温を記録した地点の多い日がいつであったかを調べている。その結果から、月最低気温を記録した地点数が全体の 6 % を超える(注記 6)1995 年 1 月 17 日、18 日、21 日、27 日、28 日の 5 日間を典型例として、前日 21JST の寒気流入の特徴を以下に述べていく。

太平洋側で相対的に低温になった 17 日（P 型）（第 24 図）の 500hPa 面では、北海道の南部まで $-42^{\circ}\text{C}$ 以下の寒気が舌状に南下した。一方で、日本海側の内陸で月最低気温を記録した地点が多かった 21 日（J 型）（第 25 図）は、 $-42^{\circ}\text{C}$ 以下の等温線がオホーツク海中部まで北上し、冬型が一時的に弱まっていた。このように日本海沿岸では、冬期の気圧配置に支配されると、降雪が発生しや

すく、晴天下の放射冷却現象による気温の低下は期待できない。

18 日 (N 型) (第 26 図) では、 $-42^{\circ}\text{C}$  以下の地域はオホーツク海北部まで後退しており、冬型が弱まっていた。同様に、27 日 (Ss 型) (第 27 図)、28 日 (Sn 型) (第 28 図) に月最低気温を記録した日の 500hPa 面の  $-30^{\circ}\text{C}$ 、 $-36^{\circ}\text{C}$ 、 $-42^{\circ}\text{C}$  の等温線の進出状況も検討した。両日とも沿海州の南部から朝鮮半島北部にかけて  $-42^{\circ}\text{C}$  以下の寒気が存在が認められており、このような総観場のパターンでは、新潟県や福島県の内陸部といった東北地方南部で低温を示す傾向がある。

次に、東北地方に影響を与える寒気的位置を表現するにあたって、その追跡が寒気を中心と比較しても作業が簡便かつ正確に行なうことができる 500hPa 面の低気圧の位置と経路に着目した(注記 7)。それに関して、1 月中旬以降に日本付近を通過し、確実にその移動経路を識別することができる事例について、移動経路図を作成してその対応関係を考察した (第 29 図)。それによれば、東北地方で相対的に低温となる日の 500hPa 面における低気圧は、日本海北部あるいは千島に位置し、北海道付近に擾乱は存在していない。500hPa 面での低気圧の存在は、地上の風速に少なからず影響を及ぼすものと考えられる。したがって、このことが地表面が静穏であるという条件の必要性 (例えば、Konno, Nakano and Takahashi 2013) を示唆していると考えた。

結果として、P 型と J 型の共通点は 500hPa 面の低気圧が日本海北部に位置することであり、逆にそれらの相違点は、前者では来た極からの寒気が北海道南部まで舌状に南下していること、そして後者ではそれが認められないことである。N 型と J 型はともに冬型が弱まっている際のパターンであり、S 型は寒気を中心が朝鮮半島北部の日本海沿岸付近まで南下した時に発現する。以上から日本海側で相対的に低温となる日は、冬型の気圧配置が弱い時であると説明できる。

つづいて、1995 年 1 月における寒気の消長の全体像を把握する意図から、仙台の 850 ~ 400hPa における 21JST の高層データの時系列変化を解析した (第 30 図)。先で触れた 5 日間のうち 21 日を除いて、該当日の 1 ~ 3 日前の 500hPa 面に寒気が流入しており、かつ仙台の風速は下層ほど弱くなっていた。したがって、とくに太平洋岸で月最低気温を記録する地点が多くなる条件は、強い寒気が進出するとともに対流圏下層の風速が弱まるということであり、そこから放射冷却現象が促進される可能性の強いことが示唆される。しかもその際、500hPa 面への寒気流入から 2 ~ 3 日のタイムラグを伴うことになる。

さらに、地上気温と標準気圧面の気温との相関関係数の変化を第 31 図に示

した。どの高度面までの相関係数が有意であるのかを考えるために、仙台のデータをもとに本図を作成した。この図によれば、800hPa 面までは地上気温との相関関係が有意であり、400hPa までは正の相関がみられる。これ以上の高度面は逆相関となり、地上の気温の予測には有意ではないことが明らかとなった。

つづいて日本海側と比較して大気が乾燥している(注記 8)仙台の 21JST の地上気温と 1000 ~ 200hPa までの標準気圧面気温との相関係数の変化を 1995 年 1 月の毎日のデータから考察した。当然のことながら相関係数の値は、地上から上空へと距離的に遠くなるほど小さくなる傾向にあるものの、細かく見ると、800hPa 面と 700hPa 面の間で若干の値の低下が見られる。さらに 400hPa 面以上ではその値が激減し、やがて 300hPa と 200hPa の各面では、負相関に転じている。

その結果から、500hPa 面への寒気流入と地上気温との関連性がある程度明らかになったが、地点あるいは地域の個性を含めた関連性の大小は明らかではない。そこで、各地点の日最低気温と仙台の 850hPa 面 (09JST) の気温との一点相関係数分布を第 32 図に示す(注記 9)(注記 10)。これによると、相関係数の値は太平洋側、日本海側を問わず島嶼部や海岸部で大きく、内陸部の地点ほどその値が低下する傾向にある。この図は各地点と仙台との相関関係を示しているので、仙台周辺でその係数が高い値を示していることは当然である。

しかしながら、筆者がここで注目した点は、仙台から距離的に遠い地点でもその値が + 0.8 以上と大きい値を示している領域の存在である。例えば、青森県深浦や新潟県佐渡島の日本海側沿岸部には + 0.8 以上、また青森県の今別、大間をはじめとした海岸部では + 0.7 以上を表す等値線が認められる。つまり仙台から遠方の地点であっても、沿岸部、それも日本海側の地点であるならば、仙台における 850hPa 面の気温との関係が深い、という事実が示された。

その一方で、相関係数の値が + 0.4 以下を示す地点は、青森県南部の内陸部、岩手・秋田県境の J R 北上線の谷沿いから横手盆地にかけて、新庄盆地と福島県会津地方から新潟県県境にかけての地域に認められた。しかも + 0.5 以下の等値線はしばしば、青森県や岩手県で奥羽山脈よりも東側へ、せり出している。仙台における 850hPa 面気温との相関が低いこれらの地点は、そのほとんどが内陸の盆地内に位置している。これらの地点では、一般風の影響をそれほど大きく受けずに独自の循環系を形成していると考えられる。

## 2.4. 本章のまとめ

① 月最低気温の発生起日の分布は、東北地方のスケールで論じる場合、必ずしも同一の日に記録されているわけではない。解析を行なった 1995 年 1 月においては、17 日には主として太平洋側で、21 日には日本海側で、そして 27、28 日には東北地方南部から新潟県にかけての地域で、それぞれ月最低気温を記録した地点が分布している。

② 500hPa 面の等温線分布に着目した場合、北極からの寒気が北海道付近まで南下している日には、太平洋側で月最低気温を記録し、冬型が緩み季節風が弱まった日では、雪雲が消失して日本海側で月最低気温が記録される。

③ 500hPa 面での低気圧の移動経路に注目すると、北海道付近に低気圧が位置しない日に東北地方各地で月最低気温を記録する傾向にある。

④ 仙台の 850hPa 面の気温と各地点の月最低気温との相関係数の値は、沿岸部で大きく、内陸部で小さい傾向にある。相関係数の値が小さい地点は、寒気の影響を受けにくい地点であると考えられる。

### 3. 北海道地方に冬期・夏期の最低気温極値をもたらす総観場の特徴

#### 3.1. 北海道地方における最低気温極値についての研究の必要性

前章では東北地方における、最寒月 1 月の月最低気温分布と、総観場のパターンおよび高層気象との関連性を検討した。それを受け本章では、東北地方よりも北部に位置しており隔海度も高く、しかも寒さの厳しい北海道地方の最低気温極値の分布やその総観場を解析していく。

日本における気象官署で観測した最低気温の極値は  $-41.0^{\circ}\text{C}$  とされており、この値は 1902 年 1 月 25 日に北海道の旭川で記録された（宮澤 1993）。この 2 日前 1 月 23 日に、ロシアとの戦争すなわち 1904 年から起こる日露戦争開戦に備えるため、青森県八甲田山で日本陸軍青森歩兵第五聯隊が雪中行軍演習を開始している。まさに「記録的」な寒波が到来しているときで、極値を記録した 1 月 25 日に将兵 199 名が遭難・凍死した日であることは、よく知られている（例えば、丸山 2010；松木 2008 など）。

気象官署以外の非公式な観測記録では、美<sup>び</sup>深<sup>ふか</sup>における  $-41.5^{\circ}\text{C}$ （1931 年 1 月 27 日）が日本の最低気温極値となっている（札幌管区気象台 1973；菊地・酒井・福田 1994）。前章で既に指摘したように北海道内ではその他にも、陸<sup>りく</sup>別<sup>べつ</sup>、母<sup>も</sup>子<sup>し</sup>里<sup>り</sup>といった地点が冬期に顕著な低温を記録する場所として知られている（小林 1979 による第 33 図、および第 34 図；三輪 1963 など）。このような厳しい寒さのもとでは、樹木の凍裂や凍害などが起こり得る（例えば、酒井 1982）。 $-25^{\circ}\text{C}$  以下の日が連続すると、リンゴの花芽が開花しないという例も報告されている（真木ほか 編 1991）。

北海道地方は、冬期だけでなく夏期にもしばしば低温に見舞われることがある。例えば、1993 年 8 月 7 日には糠<sup>ぬか</sup>平<sup>びら</sup>で  $2.9^{\circ}\text{C}$  まで下がるなど（日本農業気象学会 編 1994）、農作物栽培の視点から夏期低温の影響が憂慮される。北海道は水稻・豆類の栽培北限に該当する地域であり夏期の低温や冷害を意識した農業が行なわれている（例えば、村越 1957 による第 35 図）。とくにオホーツク海に面している地域では冷害への危惧があるため、複数の水稻品種を配置するという対策も講じられている（元木 1999 による第 36 図）。畑作に関して、小<sup>あ</sup>豆<sup>ずき</sup>など低温に弱い作物が、十勝地方を中心に凍霜害の影響を受けることもある（北海道新聞社 編 1990）。ここまで提示してきたような北海道の気候や気象データについては、札幌管区気象台（1953）において、統計表を含

め詳しく報告されている。

上述したように、北海道は国内で最も寒冷な地域であるとともに冷害・凍霜害の常襲地で、各作物における気温条件の限界付近での栽培から、少しの気温低下でも収量に対し大きな影響を及ぼす（内島・石黒 1974）。そのため、気候地理学的視点から既往の最低気温極値を追究することには意義がある。加えて、その分布を提示することにより、住居・畜舎などへの暖房に関する基礎的な資料ともなると考えた。

ところで、冬期の北海道において通常よりも低温になる気圧配置パターンとは、北極域を起源とする寒気が北海道の上空まで南下してくる時であり、より大きなスケールの気圧場と深い関連を持っている（杉中 1963；朝倉 1969）。一方、夏期のオホーツク海高気圧と低温との関連についても、多くの研究がある（例えば、柏原・大川 1967；菅原 1956 など）。

杉中（1965）は、北海道の夏期の低温に対してオホーツク海高気圧を類型化し、対流圏中層における寒気の位置との対応に着目している。その低温はオホーツク海高気圧の中心位置に左右され、対流圏中層で寒冷渦をともなった低気圧が通過する時にもたらされる。さらに、ブロッキングが北海道付近で発生すると、道内は寒気場の中に入るので低温が持続しやすい（菅原 1967）。

これまで北海道における気温分布について、気候学的な立場から解析を試みた研究がいくつかある。大和田・鈴木（1979）は、道内の最低気温パターンを6つの天気図型に分類し、日最低気温分布の合成図を作成した図が第37図である。佐藤・金澤（1982）は、通年の日最低気温の等温線集積図から、周囲よりも低温になりやすい分布域を識別している（第38図）。

これらの研究では、名寄盆地、富良野盆地、そして陸別を中心とした地域にそれぞれ極小域が発現している。加藤（1983）は、日平均気温の時間的変動についてクラスター分析を行なっている。その結果（第39図）、道内の地域区分を行なうと、II Aa 区分が上川地方がひとつのクラスターとして分類された。このように内陸地方の気温分布の特徴が先に示した研究と同様、それ以外の地域と異なることが明らかになっている。

AMeDAS による観測開始以降、観測地点の分布密度が従来の気象官署よりも密になった。しかしながら、近年の AMeDAS などのルーチン観測によるデータ集積にもかかわらず、気温極値についての研究はあまり進んでいない。よって本研究では AMeDAS のネットワークを利用し、かつメソスケールの視点から、北海道における最低気温極値あるいはそれに準ずるような低温が記録されやすい総観場の把握を試みたい。

そのような点に立脚して、本章では、季節的に両極端な冬期と夏期について、①北海道地方の最低気温極値の分布を提示し、②その空間分布の特徴を把握。そして、③極値あるいはそれに準ずるような気温が北海道の多くの地点で記録される総観場の特徴の把握を目的とした。この場合、低温の起源である寒気の南下経路の差異を念頭において解析をすすめるので、特に対流圏の中・下層大気のデータを中心に比較・検討した。

### 3.2. 本章の資料と解析方法

本章で使用した資料は、① AMeDAS 観測年報（気象庁提供の CD-ROM 版を使用）、②高層気象観測年報、③ 500hPa 面高層天気図である。

はじめに、本章では通年での月最低気温極値（以下 *Tmin-ex*）の全体像を把握するねらいから、欠測が少ない 1979 ～ 1996 年までの計 18 年間の AMeDAS 時別値を使用し、*Tmin-ex* 分布図を各月について作成した。ただし、各地点の欠測率が個々の月で全体の 5 %を超えるものは欠測地点として扱い、その月のデータはすべて使用しないこととした。等温線を描くときには、地形などの影響を考慮せずそのまま比例配分した。はじめにこれらの *Tmin-ex* 分布の特徴について考察する。

本章における *Tmin-ex* とは、解析対象期間とした上述の 18 年間の 1 ～ 12 月までの各月別に集計した場合、各月ごとにおける最も低い気温値を指す。詳述すると、例えば、ある地点の 1 月の *Tmin-ex* とは、24 時間 × 31 日 × 18 年の母集団の中の最低値を意味している。以上から各地点ごとに 1 ～ 12 月までの *Tmin-ex* が 12 個ずつ求まることになる。

一方、月最低気温（*Tmin*）とは、個々の年次別に 1 ～ 12 月各々の月ごとに求まる最低気温を指す。この場合、ある地点・ある年次の 1 月の *Tmin* は、24 時間 × 31 日の母集団から 1 つの値が特定され、例えば、1 月のみでは 18 年間分の計 18 個の気温値が抽出可能である。

ところで、北海道において四要素（気温・風向風速・降水量・日照時間）を観測している AMeDAS 観測地点は本章での解析時に 162 地点あった。*Tmin-ex* 分布図を作成する際に使用した値には、高度補正を施さなかった。その理由は、接地逆転現象の発現を考慮すれば、気温逡減率が一律であることを確定しえな



いからである (Kawashima, Ishida and Minomura 2000 など)。しかしながら念のため高度補正した分布図も試行的に作成したものの、観測点中で標高が最も高い地点でも 540 m (糠平) にとどまっており、しかもその分布形態に大きな差異は見られなかった。

つづいて、 $T_{min-ex}$  の分布状況を検討したうえで、これらの極値がどのような総観場のもとで記録されたのかを解析する。もっとも、これらは「極値」であるので、解析対象期間内において 1 回だけの特異な事例であり、その再現性に欠ける。そこで、北海道内全体が低温になるような総観場を考え、各年の  $T_{min}$  出現起日の集中している日を解析対象日として設定した。本章ではこれらの日を「道内低温日 (LTD=Lower Temperature Days in Hokkaido)」と呼び、1979～1996 年に  $T_{min}$  を記録した地点数が、道内の全 AMeDAS 地点の 25%以上を満たしている日を抽出の条件とした。その結果、各年で 1～2 事例が抽出された (第 5 表および第 6 表)。

### 3.3. 気温分布についての結果および考察

#### 3.3.1. 月最低気温極値 ( $T_{min-ex}$ ) 分布の諸特性

$T_{min-ex}$  の分布図を月ごとに 12 か月分作成し、この中から 1・2 月と、6・7・8 月について第 40 図－a～e に示した。これらの分布状況を通年で概観すると、寒候期においては沿岸部と内陸部との間で等温線が混み合っており、その間の気温差が大きい。その一方で、暖候期の等温線間隔は疎で、地点間の気温差は比較的小さいことがわかる。

1 月と 2 月の  $T_{min-ex}$  分布状況は概ね類似しており、 $-30^{\circ}\text{C}$  以下を記録している地点は、宗谷、上川から網走支庁(注記 11)にかけての地域に分布している。

6 月の  $T_{min-ex}$  分布域に注目すると、 $0^{\circ}\text{C}$  の等温線は天塩から旭川を通り、日高山地中部と十勝平野南部を横断している。この等温線より東側では相対的に低温を示し、紋別や阿寒湖を中心とした極小域で  $-2.5^{\circ}\text{C}$  以下になる。7 月と 8 月においては、内陸部で低温域が分散するパターンとなっており、この 2 ヶ月のみ、いずれの地点も  $0^{\circ}\text{C}$  以下を記録していない。8 月は、等温線の最低

示度が年間で最も高い月であり、オホーツク海沿岸部では 7.5℃以下には下がらない地域が点在している。なお、寒候期の分布図は第 41 図に、暖候期の分布図は第 42 図に一括掲載した。

第 43 図には、 $T_{min-ex}$  の最低値を記録した地点の月別の分布とその値の月別年変化を示した。 $T_{min-ex}$  最低値は 3 ～ 5 月にかけてと 10 ～ 11 月にかけて 10℃以上も急変しており、分布地点の集中域そのものも空間的に異なる。よってこれらの月が、北海道の  $T_{min-ex}$  分布における暖候期と寒候期の転換時期であると考えられる。冬期には上川支庁を中心とした道央地域で、夏期には道東地域で極値の観測されていることが明確になった。なお、6 月に  $T_{min-ex}$  の道内最低値を記録した地点は川湯（標高 133 m）で、 $-3.7^{\circ}\text{C}$ （1985 年 6 月 15 日）まで下がっていた。同様に 7 月では鶴居（ $0.9^{\circ}\text{C}$ ：1989 年 7 月 22）、8 月では糠平（ $2.9^{\circ}\text{C}$ ：1993 年 8 月 7 日）が、それぞれ  $T_{min-ex}$  の道内最低値を記録した地点である。さらに、5 月では道内の 94 %、6 月では 42 %の AMeDAS 地点が氷点下を記録している。

ところで、北海道内で  $T_{min-ex}$  の最低値を観測した地点は旭川市郊外の江丹別<sup>えたんべつ</sup>であり、1985 年 1 月 24 日に  $-37.1^{\circ}\text{C}$  を記録している。AMeDAS 江丹別の地点写真は第 44 図に、最低値を記録した当日の気温変化を第 45 図に示した。当該地点は、旭川市内北西部にある小さな盆地内にある。この盆地内の放射冷却が一層進み、明け方から冷え込んだ結果、極値を記録していた(注記 12)。解析対象期間ではないが、同地点では 1978 年 2 月 17 日に  $-38.1^{\circ}\text{C}$  を記録している（松村 1996）。この点については特筆すべきと考え、本章末で詳述する。

2 月には、名寄<sup>なよろ</sup>で  $-35.7^{\circ}\text{C}$ （1982 年 2 月 2 日）まで日最低気温が低下している。北海道でも都市気候の影響などで全体的に昇温傾向にあるものの（藤部

1997；野口 1994 など）、依然として都市域外においては、 $-35^{\circ}\text{C}$ 以下を記録する AMeDAS 観測地点が存在している。一方、相対的に高温な地域は渡島・檜山地方、および日高地方南部の沿岸地域で、1 月でも  $-15^{\circ}\text{C}$ 以下にはならない。

### 3.3.2. LTDにおける気温の分布傾向

ここでは、LTD の事例が  $T_{min-ex}$  を記録する必要条件となる総観場であるかを確認するために、気温の分布傾向と気圧傾度について検討を加えた。

はじめに、冬期(1・2月)、夏期(6・7月)でそれぞれ月ごとに抽出された LTD (第7表) の日最低気温を平均値で示した(第46図)。確認する地点は、名寄、江丹別、富良野、陸別、川湯、鶴居の6地点とした。これらの地点を選出した理由は、かつて佐藤・金澤(1982)が指摘した北海道内の気温の極値を記録しやすい地点であり、地域性や標高の高低との関連を見ることができると考えたからである。第46図によれば、 $T_{min-ex}$  分布の季節変化と類似しており、冬期には名寄、江丹別などの内陸の盆地で低温になる傾向がみられる。一方、夏期には川湯、鶴居などの釧路支庁管内が相対的に低温となる。富良野では、他の地点と比較して最低気温が高めになる傾向が認められた。

### 3.3.3. 典型的な冬期および夏期LTDの $T_{min}$ 分布と500hPa面天気図

LTD の冬期と夏期における典型例として、北海道内における1月の  $T_{min-ex}$  最低値を記録した(−37.1℃：江丹別)1985年1月24日と、同じく6月の  $T_{min-ex}$  最低値を記録した(−3.7℃：川湯)1985年6月15日の最低気温分布、およびその前日21JSTの500hPa面高層天気図を提示しそれぞれを比較した(第47図)。

第47図－aに注目すると、上述の江丹別と当日の日最低気温が道内で最も高かった江差(−6.0℃)とでは、30℃以上も気温差があった。第47図－bに示した同日の500hPa面高層天気図によれば、低気圧の中心が北緯55度付近のロシア・スタノヴォイ山脈東縁に位置しており、強い寒気の南下の様子が示唆される。

第48図－aに示した6月の事例では、0℃以下の相対的な低温域はオホーツク海沿岸部から十勝地方の太平洋岸に分布し、川湯など釧路支庁の標高の高い地点で上述したような顕著な低温が認められた。同様に当日の500hPa面高層天気図を見ると(第48図－b)、サハリン沖のオホーツク海西部(北緯52度)に低気圧の中心が存在していた。

気象衛星画像からの情報では、両事例とも前日の 21JST、および当日の 09JST とともに道内の内陸では雲量が 20%以下であり快晴であった。なお、樫根（1960）が示すように、早朝に日最低気温が観測される場合には、雲量の多寡に大きく支配されている。しかし、AMeDAS による雲量観測は行なわれていないことと、近藤・山沢（1983）などが示した積雪との対応も含めて局地的なスケールでの気温分布を別途に検討する必要がある。

### 3.4. 総観場についての結果および考察

#### 3.4.1. LTDの札幌・根室間の地上気圧傾度

この節では、LTD をもたらすような総観場について結果を示すとともに考察を行なう。

はじめに、道内の気圧傾度を把握する目的で、第 49 図に LTD 当日 09JST の札幌・根室間の地上気圧差をヒストグラムで表現した。冬期の LTD では、札幌の気圧が根室よりも 2 ～ 4hPa 高い階級にピークがある。これは、第 49 図中に示した 1・2 月における両地点の気圧傾度の平年値（1961 ～ 1990 年）から 2hPa の差にとどまる。しかしながら 8hPa を越えている事例も認められ、この事実は地上低気圧が通過した後面での急激な寒気移流の場を示唆している。一方、夏期の LTD の際には、両地点の気圧差において、冬期とは逆に根室の値が札幌よりも 0 ～ 2hPa 高いところに極大がある。しかしながら冬期と同様に、事例によっては札幌の地上気圧が根室と比較して 4hPa 以上大きい場合もあった。これらの事実から LTD の発現には、札幌・根室間の気圧傾度が平均場と同じ程度の事例と気圧上昇の場、すなわち静穏と寒気移流という 2 つのパターンが存在することが明らかになった。

#### 3.4.2. LTDの対流圏中・下層大気との対応

この節では、寒気の流入経路を念頭に入れつつ、LTD における対流圏中・下層の気温との対応を中心に解析していく。

まず、高層観測地点の札幌・稚内・根室における LTD 前日 21JST の地上、850、700、500hPa 面の各等圧面気温データについて、総観場の視点から類型化を試みた。前日 21JST の観測値を採用した理由は、翌日の最低気温との対応が当日 09JST のデータよりも良好だったことと、夜間であるため日射などの影響を考慮する必要がないと考えたからである。

全体を概観するために、上記の 3 地点の気温および風速について冬期（1・2 月）と夏期（6・7 月）の平均値および平年値（1961 ～ 1990 年）からの偏差（第 8 表）と、ヒストグラム（第 50 図、および第 51 図）をそれぞれ示した。指定等圧面での気温は冬期・夏期にかかわらず、上述の 3 地点全てにおいて平年の値よりも 2 ～ 4℃程度低い（第 8 表－a）。各地点における冬期の 500hPa 面で－40℃、700hPa で－26℃、850hPa で－16℃にそれぞれの極大がみられ、とりわけ 850hPa 面では各地点間の差が小さい。これに対して、夏期のヒストグラムでは全体的に標本の範囲が広く、700hPa、850hPa 面では根室が他の 2 地点と比較して、極大において約 4℃低温になっている。

次に、各高度別の風速について考察した。LTD の時の各高層観測地点における風速は、各月の平年値よりも大きい値を示しており（第 8 表－b）、寒気移流の影響が示唆される。しかしながら、冬期の 500hPa 面の風速のみ、各地点で平年値より 0.8 ～ 1.7m/s 小さい。ここでの風速の低下は寒気が南下した結果でもあり、道北の内陸域でより気温を低下させる一因となっている。全体的には、冬期の風速が夏期と比較してやや大きく、このことはより高い高度場で明瞭である。夏期の LTD においてはすべての地点で、風速が平均値よりも大きい。

500hPa 面の風向に関して言えば、冬期・夏期とも稚内・札幌・根室の各地点で西～北北西（270 ～ 340 度）間の頻度が卓越しており、寒気がまさに南下している状況を示している。夏期では、その頻度こそは小さいものの東成分を持った風向の事例も 3 地点で見られた。

極値が冬期に道北の内陸部で記録されやすい理由は、シベリア方面からの寒気の直接的な影響によるものに加え、名寄盆地をはじめとした内陸地域の西側に、標高 500m ほどの分水嶺が南北方向に配列していることが考えられる。この高さの地形的障壁により接地逆転の発達が顕著になり、かつ日本海からの種

々の熱的な影響が隔絶されるということも推測される。

大和田・鈴木（1979）、あるいは佐藤・金澤（1982）では、道内で低温域になりやすい地域が名寄盆地の他に、やや南に位置する富良野盆地や陸別も該当すると述べている。確かに、これらの地域における極値の値は名寄盆地におけるその値よりも高いものの、冬期の場合、稚内、札幌、根室における 500hPa 面の気温は 1℃ 程度の差にとどまっている。そのため寒気が南下した場合、内陸部の 3 つの地域すべてにおいて低温になりやすい条件になっていると考えられる。つまり、日最低気温の高低は、地形的に閉塞された内陸部での放射冷却の度合に左右されることになる。

一方、夏期の根室では、700hPa より下層における気温の極大が他の 2 地点よりも低いところに見られる傾向にある。この理由として、千島（1966）や柏原・大川（1967）などが指摘しているように背の低いオホーツク海高気圧がもたらす下層逆転の影響であると考えるのが妥当であろう。したがって、この気温差が道東域でより低温になりやすい原因の一つであると考えられる。

#### 3.4.3. LTD前夜の500hPa面高度場の特徴

LTD 前夜の 500hPa 面高度場の特徴を把握するため、冬期（第 52 図）と夏期（第 53 図）に分けて 500hPa 面における低気圧の位置をそれぞれ示した。北海道に影響を与えていると考えられる LTD 前夜の低気圧の位置は、1 月には北緯 50 度付近のサハリンを中心とする比較的まとまった領域に（第 52 図－a）、6 月には北緯 50 度、東経 150 度付近のオホーツク海中部に分布している（第 53 図－a）。これらのことは、500hPa 面での寒気を伴った低気圧が前夜 21JST 頃に北海道付近を通過した結果、道内が低温になっていたことを意味する。500hPa 面低気圧の後面では、気圧上昇の場にあることも重要な点である。

LTD における対流圏中層の寒気流入パターンを知るために、1 月と 6 月の LTD について、1 月では 500hPa 面で卓越している 5100gpm の等高度線を、6 月では同様に 5400gpm の等高度線を基準として等高度線出現頻度図を作成した（第 52 図－b および第 53 図－b）。これらは、経緯度 10 度ごとのメッシュ内でそれぞれの等高度線の出現頻度（%）を求めたうえ、そのメッシュの中心に算出した出現頻度をプロットして等値線を描いたものである。1 月の

5100gpm 等高度線出現頻度図（第 52 図－ b）によると、その高頻度域を北極域からの寒気の流れとすれば、それはチェルスキー山脈から寒極で著名なサハ共和国のオイミヤコン付近を通り、オホーツク海西部へ張り出しており、最終的には北緯 45 度東経 155 度を中心とする区域で頻度が最も大きくなっている。

一方、6 月の 5400gpm 等高度線出現頻度図（第 53 図－ b）によると、寒気の流れの軸は 1 月よりもやや東に変移し、コリマ山脈からカムチャッカ半島周辺域にトラフが出現している。これは北極海からカムチャッカ半島を経て、オホーツク海東部方面への寒冷渦が南下していることを示唆している。そもそも Koide and Kodera（1999）によれば、冬の 500hPa 高度の気温は秋から翌春にかけてのユーラシアにおける地上気温と密接に関係していると報じられている。

ところで、300hPa 面におけるジェット気流の主軸を冬期に限定して見ると、それは通常、北緯 35 度付近に位置している（倉嶋 1966）。これより北側に位置する北海道では、500hPa 面の風速も北海道以外の各地点と比較して一般的に弱い。さらに本論第 2 章の根幹となる千葉（1999）は、冬期の東北地方でより低温になる時に、日本海北部や千島列島付近に 500hPa 面低気圧が存在する事例を報告している。これらの事実から、北海道地方に顕著な低温がもたらされる時は、低気圧の位置において東北地方に低温がもたらされる場合とは異なっていると言える。したがって、北海道はメソスケールの視点からも独立した気候地域であると考えられる。北海道地方が本州と比較して低温になるという事実は、緯度が高いという理由だけではなく、冬期は寒気が流入しやすい位置にある点も重要である。

### 3.5. 本章のまとめ

本章では、北海道における  $T_{min-ex}$  が記録されるような日の総観場を把握するために、季節的に見た場合「振れ幅」の両サイドに相当する夏期と冬期について月単位のデータから総合的に検討した。その結果は、以下の点に要約される。

①  $T_{min-ex}$  の分布から、冬期は旭川から名寄を中心とした地域で相対的に低温になるが、夏期にはその低温域が道東に移動する。

② 北海道における  $T_{min-ex}$  の最低値は、解析対象期間内の 1 月で旭川市江

丹別で $-37.1^{\circ}\text{C}$ まで、6月は川湯で $-3.7^{\circ}\text{C}$ までそれぞれ下がっている。また、6月でも氷点下を記録する地点が道内で42%も出現している。

③ LTDにおける総観場の特徴は、冬期ではシベリアからの寒気が南下して、500hPa面の低気圧が北海道を通過した後、夏期ではオホーツク高気圧が張り出すような場合である。とりわけ冬期のLTDでは、寒気の張り出しにもなって全層にわたって風速が弱くなる。

④ 北海道に影響を与えるような500hPa面低気圧（前日21JST）は、冬期でサハリン付近に分布していることが多い。

### 3.6. 日本最寒の地・旭川市江丹別

「日本でもっとも寒いところは何処か？」と尋ねられると、旭川での $-41.0^{\circ}\text{C}$ 、美深での $-41.5^{\circ}\text{C}$ が正解になるが、前述したように旭川での記録については今から100年以上前の明治時代の記録である。本章ではAMeDASの全国展開後のデータで、富士山をはじめとするアネクメーネ(注記13)の山岳地域の観測点を除くと、日本で最寒の地は旭川近郊の江丹別であることを指摘した。

旭川市江丹別について周辺地形の概要を調査した。江丹別は、旭川市内北西部の江丹別川流域に位置する地域で、北北西－南南東を主軸とする長軸18km、単軸6～10kmの盆地内である（第54図）。稜線は標高約500mで、谷部の標高は130～110mでほぼ一定である。江丹別川は南流して最終的に石狩川に流れ込む。

江丹別川の集水域中央部付近にAMeDAS観測地点が配されている。その上流部では、幅約300mの谷が、AMeDAS地点がある江丹別中央に向かって流下する。江丹別川の流域は、大きく分けて西側から時計回りにポンベツ川、西里川、拓北川、そして江丹別ダムを最上流部に持つ江丹別川の4本の小河川によって構成されている。流域面積は約 $112\text{km}^2$ で東京都青梅市とほぼ同じ面積である。このような地形を呈しており、支流からの斜面下降風によって冷気が溜まり、顕著な冷気湖の形成が推測される。そこで、ここでは $-38.1^{\circ}\text{C}$ まで低下した1978年2月17日（事例A 第55図）と、1985年1月24日（事例B 第56図）の2事例を毎時間の気温変動を中心に解析した。

各事例の気温の変化を前日から示した。前日は両事例とも $-12\sim-13^{\circ}\text{C}$ で推



移しているが、15JST を過ぎると気温が下降し始め、平均では $-1.55^{\circ}\text{C}/\text{時}$ 、最大では $-5.0^{\circ}\text{C}$ の冷却量があった。風速は事例Aでは15JST から翌朝の09JST まで全時間0（静穏）であった。

事例Bでは、夕刻、15～17JST と01JST から02JST の間、WNW およびNNW の風が $1\sim 2\text{ m/s}$ であったほかは静穏であった。両事例はいずれもほぼ静穏な条件下にあったと言える。

事例Aでは17JST から18JST の間に、 $-4.5^{\circ}\text{C}/\text{時}$ 、事例Bでは19JST から20JST の間に $-4.2^{\circ}\text{C}/\text{時}$ の冷却量を記録している。

前日の15JST から翌朝の最低気温観測時の07JST までのスパンで考えると、事例Aでは $1.55^{\circ}\text{C}/\text{時}$ 、事例Bで $1.56^{\circ}\text{C}/\text{時}$ で両者にほとんど差は認められない。グラフの全体像を考慮すると、夕刻の気温低下が激しいという特徴を持つ地点であることがわかった。

最低気温を観測した時間は両者とも07JST であるが、AMeDAS 1時間値のデータを利用しているため、正時以外にこの値以下になったことも充分考えられる。

以上に述べたように、この地域の気候特性すなわち寒暖の差が大きいこと「地の利」を活かして現在では品質が高いいわゆる「ブランド蕎麦粉」を商品化している（時事通信社 2009）。元来は稲作も行なわれていた地域であったが、米の供給過剰からの転作からソバを栽培するようになった、という。その他の事例として、江丹別の酪農製品としてブルーチーズをブランド化し、日本の大手航空会社のファーストクラス向け機内食として採用された、との報告もある（北海道農業改良普及協会 2014）。

これらの事例のように、日本最寒の地が農産品の「ブランド化」に寄与している。

#### 4. 冬期の北海道・東北地方における0℃および3℃を閾値とした気温の出現率

##### 4.1. 0℃および3℃を閾値とした寒さの評価の必要性

前章までは、東北地方と北海道地方のそれぞれを例にして、日最低気温がいかなる総観場で低極を記録するのか検討した。その過程において、寒さ（暖かさ）について「気候資源」という視点に立脚して、その積分値を算定しておく必要性を感じた。ここでいう気候資源という概念は、例えば、雪冷房の技術にみられるような雪氷冷熱エネルギー利用を意図している（例えば、上村 2015；濱田・川口 2015 など）。

そこで本章では、凍結環境下でかつ降雪が確実に期待できる気温（例えば、Whiteman 2000）として 0℃未満、および地表面での凍結発生と不確実ながら降雪が発生する 0～3℃に注目し、その出現率の空間分布特性と経年変化の傾向を把握することにある。

日本における最寒月平均気温 0℃の等温線は、岩手県の宮古から宮城県北部、山形を経て酒田付近に達していることは前章でも述べた（前島・山添 1996 など）。0℃とは水の凍結・融解を分ける温度であり(注記 14)、冬期の東北地方は雪・雨および氷・水の言わば「遷移帯」に相当する。0℃付近の気温は、少し変化しただけでも周辺の凍結・積雪環境に影響を及ぼす（遠藤 1999）。これには具体的な影響として、安成（2002）が指摘しているように、暖かい方の気温限界付近でもたらされる日本海側の降雪量減少などが考えられる。そのような点に立脚し、降雪および凍結となる時間の出現率についてその地域特性を知りたい。

降水現象の雨雪判別について、予報などの観点から先人により数多くの研究がある（例えば、松尾 2001 による第 57 図；上野・佐藤・山本 2008 など）。これは社会的ニーズのある研究対象テーマで、同時に降雪が期待できる時間数が冬期にどれくらいあるのかも知りたい。そもそも、固体降水の発生する確率は 0℃以下でほぼ 100%となり、固体降水と液体降水になる確率が両者とも約 50%となるのは約 3℃である（Ageta and Higuchi 1984 による第 58 図）。同様な報告は、Matsuo and Sasyo（1981）からもなされており、湿度が低いほど降雪となりやすい。

ただし、降雪の気温上限値には地域差があり、東北地方から北海道では 3.8～4.0℃、北関東の前橋では 3.0℃と報じられている（水津 2001 による

第 59 図、および第 9 表)。さらに田村 (1990) によれば、新潟県長岡では「ひと冬」の累計積雪量の 99 %以上が 2℃未満の気温で生じているという。気温のみでの雨雪判別は 2℃から 3℃に境界があり、その誤認率は 8～10 %であると報告されている。また、中沢・能登 (1971) は 2.5℃に雨雪の境界があるとしている。これらの事実から、雨雪判別の境界気温については解析手法や地域差によってばらつきがあり(注記 15)、分布研究のために地理的に広い範囲について両者の境界気温を等しくするためには若干の無理があると判断した。

ところで AMeDAS による気温観測は、感温部の高さが地表面または雪面上から 1.5 mで行なわれている(鈴木 1996) (注記 16)。近藤 (1987) によると、静穏時の地表面温度は地上 2～3 mの気温から 4℃低いと報告されている。したがって、この気温差と雨雪判別の上限閾値は 3℃として設定することとした。3℃は降雨となる確率が 100 %となる気温に近似できる。

ところで、冬期の寒さを説明する方法には様々な指標がある(深石 1971)。その中でも月平均気温や年平均気温などをはじめとした「平均値」は最も頻繁に利用される気候値であるが、ある 2 地点の平均気温が同じ値を示していても、較差の大小や気温変化の情報は正確に表現できない。したがって平均気温に加えて、極値あるいはデグリーデーなどの積分値を併用した表現の方がより現実の状況に即していると考えられる。寒冷多雪地である北海道や東北地方における寒さの研究においては、積算寒度を算出した例が多く見られる(日下部 1962；田淵 1970 による第 60 図および第 61 図；福田・武田 1975 など)。また、Shitara (1969) では冬日・真冬日の日数分布を、日下部 (1963) は北海道の気象官署による 10 年間のデータによって、屋外労働に適する時間をそれぞれ算出している。

しかしながら、これらは AMeDAS 設置以前の研究(注記 17)である。その一方で、青山 (1986) では AMeDAS データを利用して寒さの指数を算出しているものの(第 62 図)、この指標では凍結状況を把握することはできない。このような研究事例を鑑みて、各地点におけるひと冬の期間において凍結時間の出現可能性がどの程度あるを把握しておれば、低温・多雪地の防災面等に有用な地理的分布図すなわち気候図の一つとして寄与できるものと考えた。

本章での研究の目的は、凍結環境下で、かつ降雪が確実に期待できる気温として 0℃未満、および地表面での凍結発生と不確実ながら降雪が発生する 0～3℃に注目し、その出現率の空間分布特性と経年変化の傾向を把握することにある。なお、本章での解析概念図が第 63 図となる。

## 4.2. 本章の資料と解析方法

### 4.2.1. 本章の資料と解析方法

本章での解析に用いた資料は「アメダス観測年報」(気象庁提供の CD-ROM)の気温時別値である。解析対象地域は、北緯 37 度以北の新潟県の一部を含む北海道と東北地方(以下、全体で東北日本と呼ぶ場合がある)(注記 18)とした。区域内で四要素を観測できる AMeDAS 地点は 330 地点あった(注記 19)。解析対象地域を東北日本に設定した理由は、最寒月平均気温 0℃の等温線が横断しており(前島・山添 1996)、ここが凍結・融解の遷移地帯で、かつ多雪寒冷地であるという点にある。

本章での解析は 1979 年(注記 20)から 2000 年までの 22 冬期間について行なった。ここでは前年の 12 月と 1～3 月を一冬期と定めている。この 4 ヶ月間を「時間」で表現すると 2904 時間で、閏年の場合は 2928 時間となる。毎月 1 日～同月末日までのデータの中で、5%を超える欠測が生じた地点は、当該年次の解析を全て行なわないという欠測処理を実施した。このデータセットの中から、0℃未満と 0℃以上 3℃未満(注記 21)になった出現率の地理的分布図を作成し、その地域特性を記述していく。なお、本章の研究での気温観測値には海面更正を施していない。

### 4.2.2. 並年および寒冬年・暖冬年の選出

解析対象地域における一冬期の寒さを、比較的簡便な方法で年次ごとに評価することを試みた。本研究の解析対象地域に気象官署は全部で 43 地点存在する(第 64 図)。冬の寒暖を判別するために、まず域内にある 43 の気象官署の中で比較的近接している地点を除外し、21 地点を選定した(注記 22)(第 64 図の obsv.2)。これらの気象官署で一冬期ごとのデータから 0℃未満の出現率を算出した後、22 冬期間における寒さの順位を求める。つづいて年次

ごとに 21 地点の順位を加算して各冬の「寒さの指標」とし（第 10 表）、その数値が最も少ない年次を寒冬年、最も多い年次を暖冬年、その順位の間として並年を設定する。この選定方法によると、解析対象の 22 冬期に言及して評価するならば寒冬年には 1984 年、暖冬年には 1989 年がそれぞれ選出された。並年の選出に関しては、全体の順位が 11 位（1983 年）と 12 位（1994 年）の 2 ヶ年が考えられるので、北海道および東北地方の各地点ともに、順位の総和の標準偏差（第 10 表の S.D. 値）を判断の指標とした。その結果、標準偏差の値が小さく、分布に著しい偏りがない 1994 年を「解析対象期間内の並年（以下、並年と呼ぶ）」とした。しかしながら、1994 年の夏期に限定すれば「異常な暑夏」として記録されているので（安成 編 1997）、それから遡った冬期の場合、解析対象として適当であるか否かを北村（1995）の報告によって確認した。それによると北日本全体で 2 月の気温が高く、当時の平年値から判断すると 6 年連続の暖冬で、寒暖の差が大きい冬であったと評価されている（注記 23）。

#### 4.3. 結果と考察

##### 4.3.1. 代表地点における解析対象全時間の気温頻度分布

最初に、解析対象地域が 0℃を中心とした凍結・融解の遷移地域に該当するか否かを確認するため、対象期間内全ての時別値による気温の頻度分布を 1℃の階級で作成した（第 65 図）（注記 24）。ここでは代表的な 5 地点として、稚内・旭川・釧路・秋田・仙台を選定した。解析対象期間を時間数で表現するならば、一冬期（4 ヶ月）2904 時間（注記 25）の 22 冬期分で 64032 時間（2668 日）となる。作成したヒストグラムによれば稚内と旭川を除いた地点、0℃付近に極大を持つ正規分布のヒストグラム形状を示している。極大のある階級は秋田と仙台において 1℃、釧路で -1℃、稚内でも -2℃になっている。しかし旭川においては、その極大が -6 ～ -2℃の階級幅を持った正規分布をとっている。瀬尾（2009）によれば、現実社会において正規分布に近い現象は、このように多く存在するという。日照時間が太平洋側と比較して少ない（Shitara 1966）秋田では、他の 4 地点と比較して 1℃付近にあるピークが突出している

ことも特徴的である。頻度分布の形状には、秋田と仙台のように、ピークである  $1^{\circ}\text{C}$  を下回ると頻度が急減するような歪度を呈する「プラス側に歪む」タイプと、北海道の3地点で見られるような歪度を呈する「マイナス側に歪む」タイプの2つがある。北海道が後者のタイプとなる理由は、以下のように考えられる。北海道で日最低気温の極値やそれに準ずる値が記録されるようなときは、寒気の影響を直接的に受けているので（千葉 2000）、日最低気温の平均値よりもかなり低い値を記録することがある。その際、気温の最小値までの過程における観測値の存在が、マイナス側に歪む原因となる。東北日本全体における一冬期のデータを総合して見た場合、 $0^{\circ}\text{C}$  付近に極大があることが明らかになった(注記 26)。

#### 4.3.2. $0^{\circ}\text{C}$ 未満となった時間の出現率(空間分布について)

第 66 図には並年の  $0^{\circ}\text{C}$ 未満となった出現率（以下  $f(< 0^{\circ}\text{C})$ とする）の空間分布を提示した。これによると、北海道内全体に 70 ～ 89 %までの領域の広がりがまず目につく。90 %以上の地点は、北海道内陸で標高 540 mの糠平（95.8 %）、同 430 mの阿寒湖畔（92.8 %）、同 325 mの留辺蘂（92.8 %）など比較的標高の高い内陸の凹地にある地点と、宗谷支庁オホーツク海沿岸の浜頓別（90.5 %）に見られた。東北地方では青森県の酸ヶ湯（92.4 %）、および福島県の鷲倉（90.5 %）の2地点のみである。両地点で出現率が大きい理由は、酸ヶ湯で 920 m、鷲倉で 1220 mと海拔高度の高さにある。 $f(< 0^{\circ}\text{C})$ が 50 ～ 69 %を示す範囲は、北海道南部から東北地方の内陸部にかけて分布している。同様に 30 ～ 49 %までの地域は、牡鹿半島以北の東北地方太平洋側の沿岸域、および男鹿半島以北の日本海側と、内陸に広く認められる。同じく 10 ～ 29 %の範囲は牡鹿半島以南に、また 10 %未満の地点は新潟県沿岸部と小名浜に分布している。

同図に示した寒冬年において  $f(< 0^{\circ}\text{C}) \cdot 90\%$ 以上の分布域は、比較的温暖である石狩支庁管内の平野部にも広がっている。東北地方内陸部では、北海道南部と同様に  $f(< 0^{\circ}\text{C}) \cdot 70 \sim 80\%$ 台の地点が優勢であり、沿岸部では 50 ～ 60 %台の地点が多い。また全体でも、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$ が 10 %未満の地点は見られない。

次に暖冬年の特徴的な点としては、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$ が 90 %以上の地点は存在せず、

道内では 50 ～ 80 % 台の地点がそのほとんどを占める。東北地方の多くは、10 ～ 40 % 台の出現率となっている。10 % 未満の地点も日本海側島嶼部を中心として、その最北部は秋田県南部まで北上していた。

毎年の  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  分布の全体像を概観すると（第 67 図）、90 % 以上の地点のほとんどは北海道に分布しており、東北地方では海拔高度の高い地点にのみ現れる。同じく 70 % ～ 80 % 台の地域は、90 % 以上の高頻度域の周辺に分布しており、しかも沿岸部に限定すると寒冬年を除いて函館以南には現れない。極端な暖冬年を除いて、渡島半島では恒常的に 50 ～ 60 % の地点が多くを占めている。30 % ～ 40 % 台の範囲は、東北地方の北部沿岸部から宮城・山形・福島各県内陸部に分布している。 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  が 10 % 未満の地点は、1984 年と 1985 年の 2 ヶ年を除いてすべての年次で認められた。

これらをまとめると、緯度にして 4 度以内に収まる解析対象域内に  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  ・ 10 % 未満の地点から 90 % 以上の地点まで、ほとんどの年次でプロットされるという点が大きな特徴である。このことは冬期の東北日本の気温分布状況が沿岸部において緯度に、内陸部においては標高の因子に依存していることの現れである。山形県庄内地方以南の日本海側において、 $0^{\circ}\text{C}$  を下回る気温になる可能性は少ない。このような温度環境下でも多雪となる理由は平均露点温度が  $0^{\circ}\text{C}$  以下となっているためとされる（駒林 1986）。露点温度が周囲の気温より低いほど、乾燥しているという事実はよく知られている（荒井 2009）。しかしながら多雪と言っても、推定平均雪質図（石坂 1996）によると、山形県以南の日本海側では「湿り雪地域」に該当しており（石坂 1996 による第 68 図）、並年の  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  出現率分布図と対応すれば、30 % 以下の地域は必然的に湿り雪になると予測される。

$f(< 0^{\circ}\text{C})$  の緯度依存性を検討するため 22 冬期全てのデータから、欠測の無かった地点のみを抽出し、緯度と  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  の関係を県別にプロットした（第 69 図）。この図から北緯 43 度以北の北海道に 90 % 付近の地点が分布していることが特徴として指摘できよう。面積が広い岩手県には標高の高い AMeDAS 地点も存在するため  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  の地域差が大きい。その一方で、秋田県と宮城県の地点に関して言えば、地域差は比較的小さい。この図からも  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  は緯度に影響されていることが明らかになった。

第 11 表には寒冬年と定めた 1984 年の  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と、5 % 未満の欠測を考慮して時間数の大きい方から順位で示した。 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  が最大であった地点は北海道の糠平（十勝）で、総時間数のうち 98.5 % となっていた。言い換えれば、この年次の糠平では 12 月初旬から 3 月末まで  $0^{\circ}\text{C}$  以上となった時間は 43 時間の

みであったことになる。全体を概観すると、並年の  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  は北海道内陸で 2500 時間、東北地方では 1500 時間以下という空間分布になる。

並年での  $0^{\circ}\text{C}$  未満の時間数最大を記録した地点は糠平における 2871 時間 (95.8 %)、同じく最小値は新潟県寺泊の 138 時間 (4.8 %) であった。暖冬年において  $0^{\circ}\text{C}$  未満の時間数最大値を記録した地点も糠平の 2505 時間 (86.3 %) で、最小値は糸魚川<sup>いといがわ</sup>の 28 時間 (1.0 %) であった。

國井 (1934) によれば、根雪期間と平均気温  $0^{\circ}\text{C}$  以下の期間と対応が良い、と報告されているので、この指標から根雪期間の長短についてもある程度推測できるものと考えている。低温の値そのものでは千葉 (2000) が指摘した江丹別をはじめとした北海道の内陸部が「最低気温の低い地点」としてランクインするが、凍結時間数の大きい地点となるとこの糠平のように、それとは異なる地点が上位に登場ことも特筆される。このことが、まさに異なる指標によって寒さを評価する必要性があることの現れであると証明された。

#### 4.3.3. $0^{\circ}\text{C}$ 未満となった時間の出現率 (年々変動について)

$f(< 0^{\circ}\text{C})$  の年々変動の様相を知るために、日本海側と太平洋側の代表的な気象官署をほぼ等間隔になるように選びアイソプレスを示した (第 70 図)。はじめに日本海側に注目すると、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  が 90 % 以上の領域は例えば、1984 年のように寒冬年の稚内のみに見られる。<sup>はぼろ</sup>羽幌<sup>すつつ</sup>ー寿都間には、若干の変動があるものの 70 % の等値線が引かれている。日本海側において、解析対象地域を便宜的に 2 つに区切った場合、ほぼ中間となる酒田ー江差間の年々変動が大きい。新潟では出現率が急減するものの、その変動は比較的小さい。 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  のみで判断すると、1990 年代になってもそれぞれの等値線が北偏する傾向は見られない。ただし、細かく検討した際に 70 % の等値線の変動量が 90 年代以降にやや大きくなったほか、新潟が 10 % 未満の領域となることが多くなった。北海道のみ相対的に寒冷であった 2000 年冬期に限っては、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  は稚内 (87.7 %) と羽幌 (77.9 %) で増加した一方で、それ以南の地点では減少した。日本海側では、各等値線が 1989 年から 1993 年にかけて北側にシフトしたが、

$f(< 0^{\circ}\text{C})$  の指標で判断すればこの 22 年間で出現頻度の減少傾向は認められない (注記 27)。



年々変動の大小を検討するために、各地点の 22 か年分の  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  の標準偏差を算出した（第 71 図）。標準偏差の値は北海道の内陸で 5 % よりも小さく、石狩平野や十勝平野などの平野部や沿岸部全域で 5 ～ 10 % 未満の地点が分布している。標準偏差の値が 10 % を超えている地点は、<sup>あじがさわ</sup>鱒ヶ沢、<sup>のしろ</sup>能代、秋田をはじめとする東北地方日本海側北部沿岸と山形県新庄、山形、<sup>あてらざわ</sup>左沢、<sup>たかはた</sup>高畠などの南部の内陸域に分布している。東北地方での変動が相対的に大きい理由は、脇阪（1986）が指摘しているように、寒気団の南限に位置しているからであると考えられる。この南限は年次により北偏、南偏する。

#### 4.3.4. $0^{\circ}\text{C}$ 以上 $3^{\circ}\text{C}$ 未満の出現率（空間分布について）

先に示した第 65 図において、仙台、秋田の気温ヒストグラムで  $1^{\circ}\text{C}$  に極大があることを指摘した。 $0 \sim 3^{\circ}\text{C}$  の区間内に極大が存在するか、あるいは出現率が高い領域があれば、そこが凍結・融解の遷移地帯を示す。したがって、この区間の出現率（以下、 $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$ ）の空間分布状況について検討する。

はじめに  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  との関係を第 72 図に示しておく。両者の相関係数は  $-0.92$  で、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  が 60 % を超える北海道では直線的な関係となっている。いずれの年次や地点においても、出現率は 50 % を超えない。1979 年から 2000 年までの各年次の  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  を概観すると（第 73 図）、先に示した  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  ほど大きな変動は見られなかった。

並年において、10 % 未満の地点は北海道内陸部と、オホーツク海側沿岸部と東北地方に 4 地点（<sup>かどま</sup>酸ヶ湯、<sup>かどま</sup>藪川、<sup>かどま</sup>門馬、<sup>かどま</sup>鷺倉）のみである。北海道では渡島半島沿岸部に 30 % 台の地点もみられ、その地域差が大きいとわかる。20 % 台の地点は、日本海側の<sup>しよさんべつ</sup>初山別から<sup>やぎしり</sup>焼尻以南に、太平洋沿岸では十勝支庁の<sup>うらほろ</sup>浦幌から大津以南に分布され始める。東北地方の太平洋側では仙台平野を中心に 30 % 台となるが、福島県では 30 % 台になる地点が少なくなる。この理由は、福島県浜通り地方ではヒストグラムの極大が  $0 \sim 3^{\circ}\text{C}$  の範囲よりもプラス側に歪み始めるからである。日本海側に目を移すと、新潟県では 40 % 台の地点が分布しているほかは、島嶼部も含めほとんどの地点が 30 % 台であった。

寒冬年においては、渡島半島を除く北海道の大部分で 10 % 未満の地点が優勢となり、40 % 以上の地点は<sup>きさかた</sup>象潟－飛島から、新潟県上越地方の大潟まで連

続的に分布している。一方、暖冬年では、北海道において 10 %未満の地点は阿寒湖畔と留辺蘂の 2 地点のみである。さらに、30 %台の地点は渡島半島まで北上し、40 %台の地点も山形県から新潟・福島の県境付近に分布している。

以上のことから、 $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$ が 30 ~ 40 %台の階級の空間的広がりそのものが凍結、および融解と雪・雨の遷移地帯であると言える。並年の太平洋側では青森沿岸と仙台平野が、日本海側では青森県から新潟県下越地方が遷移地帯に該当する。前述した石坂(1996)による推定雪質分布図を再度確認したところ、仙台平野の特に北部は「湿り雪地域」と「乾き雪地域」の中間地帯になっており、本章で指摘した遷移帯の妥当性が示された。22 冬期全てのデータ(第 74 図)から  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$ の緯度との関係を見ると(第 75 図)、全体的には東北地方南部ほど値が大きくなる傾向にある。福島県浜通りの地点に限って検討すると、相馬(28.7 %)、浪江(25.3 %)、広野(23.5 %)へと南下するにしたがって値が小さくなるので、この事実からも遷移帯が仙台平野にあることの説明となる。

#### 4.3.5. $0^{\circ}\text{C}$ 以上 $3^{\circ}\text{C}$ 未満の出現率(年々変動について)

次に、年々の変動による広域特性を把握するために等間隔に選出した気象官署のデータによってアイソプレスの作成を試みた(第 76 図)。

日本海側における  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$ が 40 %以上の高出現率域は 1980 年代に新潟、1990 年代に入ると秋田から江差に認められる。20 %以下の低出現率域は、毎年のように羽幌<sup>はぼろ</sup>以北と新潟に分布している。30 %台の領域の北側縁辺に注目すると、1980 年代ではその縁辺部は平均して秋田ー深浦間に存在するが、1990 年代前半になるとそこから寿都まで緯度にして約 3 度、すなわち距離に換算すると約 330km 北上したことになる。酒田と新潟には 10 ~ 20 %台という相対的に低い値の領域も見受けられるようになった。出現率 20 %台の幅は 1980 年代で南北方向に広いけれども、90 年代に入ると狭くなり羽幌ー寿都間で傾度が大きくなった。

太平洋側に注目すると、出現率が 40 %を超える地点はなく、年々変動の様相は日本海側と比較して複雑ではない。出現率 30 %以上の領域は 1980 年代に宮古ー仙台を軸として現れていたが、1990 年代に入ってからその北側がむつー浦河付近まで移動し、緯度にして約 2 ~ 3 度北上したことになる。結果的に

は  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と比較した場合、 $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  の位置の北上傾向が見られる。

#### 4.3.6. 3区間における出現率と地点分類およびその類型化

第 77 図には、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$ 、および  $3^{\circ}\text{C}$  以上の出現率(注記 28) (以下  $f(> 3^{\circ}\text{C})$  とする) の相互関係を示すため、代表的な気象官署の値を 3 つの階級値で合計 100 %とした横棒グラフにより、並年・寒冬年・暖冬年について表現した。

並年での  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  を合わせて、 $3^{\circ}\text{C}$  を下回る領域として検討すると、その値は北海道で 80 ~ 90 % 台と大きいことがわかる。同じ領域を東北地方について見ると、60 ~ 70 % 台の割合を示す地点が多い。仙台と酒田の比率の様相となっているが、相川や新潟では温度的に降雪の確率は小さいものと解釈できる。山形県の沿岸部・酒田と内陸部・新庄間は距離にして約 40km 足らずであるにもかかわらず、どの年次においてもその頻度が急変していることが特徴的であり、気候地理学的視点からは全く異なる地域に分類されよう。

各年とも  $f(> 3^{\circ}\text{C})$  の出現率では緯度が低くなるにつれて大きくなる傾向にある。新庄、山形（ともに山形）、若松、白河（ともに福島）の内陸にある 4 地点は、ほぼ同じ比率になっている。暖冬年の状況では全体的に  $f(> 3^{\circ}\text{C})$  の領域が増え、とくに相川と新潟（新潟）では気温が  $3^{\circ}\text{C}$  以下となる確率は 20 % 程度にとどまる。

上述した  $f(< 0^{\circ}\text{C})$ 、 $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$ 、 $f(> 3^{\circ}\text{C})$  の各指標の比率を類型化することによって、各地点ごとの気候資源評価を試みた。ここでは 22 冬期分の値を使用して各地点の比率をトリリニアダイアグラム上(注記 29)(注記 30)にプロットし、それらの座標位置によって類型化を行なう（第 78 図）。

$f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  の値は最大でも 40 % 台に留まっているため、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と  $f(> 3^{\circ}\text{C})$  の値に依存しつつも、個々の点は緩やかな曲線を描きグラフ中央部に集中している。グラフにある三辺の軸をそれぞれ 20 % の出現比率で区分すると、グラフは 25 の小さな三角形によって構成されることとなる。小さな三角形の中にプロットされた地点は、ほぼ同一の温度環境にあると考えた。1 地点以上プロットされた小さな三角形の数は 10 であった。この方法で気候型を示すときに、 $f(< 0^{\circ}\text{C})$  軸を 1 次のオーダー（I ~ V）、 $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  を 2 次のオーダー

(A～C)、 $f(> 3^{\circ}\text{C})$ を3次のオーダー(a～d)と定め、これらを順番に組み合わせ、例えば、「IAa」のような3文字で表記した。その結果をもとに第79図上に分類結果を再度プロットして、その空間分布の特徴を以下に述べる。

IAa型：北海道の北部から東部にかけての内陸部に分布しているので、北海道の中でももっとも寒さの厳しいタイプとして分類され、凍結している時間も最多である。

IIAaおよびIIBa型：段階的に道南地方に分布しており、 $f(< 0^{\circ}\text{C}) \cdot 60\%$ までがこのII型、すなわち北海道に特有のタイプである。

III型：渡島半島以南に分布するタイプである。IIIB型はaとbタイプの2つに分類され、aタイプは北海道南部に散在し、東北地方の内陸部に塊状に分布している。 $f(> 3^{\circ}\text{C})$ の比率が20～40%までのbタイプは東北北部の沿岸部と福島県内陸部に分布している。

IV型：3次のオーダーにおいて3つのタイプが存在する。IVCb型は、小出（新潟県）の1ヶ所のみ確認できる。IVBbは仙台平野と福島県中通りを中心に分布、IVBcタイプは宮城県南部から福島県浜通にかけて、比較的まとまった地域に認められる。このIVBbと前述したIIIBbタイプが、各比率も同じ程度でトリリニアダイアグラムの中央部にプロットされるので、全体的には「中間タイプ」であるとも言える。

V型：全体的に、日本海側の島嶼部を含む沿岸域と仙台（宮城）、広野（福島）に見られた。宮城県北部にはIVBbが、南部はIVBcタイプがそれぞれ塊状に分布しているが、その中間点の仙台は相対的に温暖なこのV型に分類される。

以上のように3つの階級値の比率を利用して、各地点の類型化を行なった。この結果、北海道の北緯43度以北の日本海沿岸部を除いたほとんどの地点ではIAaに分類され、比較的一様な空間分布形態となっている。

しかしながら、東北地方は北海道と比較しても、広範囲な分布を示す区分階級は見られず局地性の大きいことが示唆される。これは、かつて小島（1973）が主成分分析法を使用して東北地方を21の地域に分化した気候区分において、各々の区分域が比較的狭い面積のパッチ状になった結果と一致する（小島1973による第23図）（注記31）。

本章では気温のみを解析対象としたが、今後の課題として降水量や積雪深との対応関係を調査していく必要がある（注記32）。

#### 4.4. 本章のまとめ

東北日本における毎時の AMeDAS データから、0℃未満の出現率、0℃以上 3℃未満の出現率の分布について検討した結果、次の点が明らかになった。

① 0℃未満の出現率について並年の分布状況は、北海道の石狩支庁よりも北側と東側の地域で 70 %以上、東北地方では 10 ~ 70 %未満となっており、新潟県の日本海側では 10 %以下の地点もある。

② 0℃以上 3℃未満の出現率は 0℃未満の出現率と負の相関関係にあり、50 %を超える地点は存在しない。並年の分布状況について、10 %未満の出現率を示す領域は北海道南部を除いた地域に分布している。出現率が大きい領域は東北地方中部にあり、この指標が凍結・融解の遷移地帯に該当する。

③ 年々変動について、0℃未満の出現頻度は北海道ではほとんど変化がないものの、東北地方南部で温暖化の兆候が見られる。0℃以上 3℃未満の出現率 30 %以上の領域には、北海道南部から東北地方において北上している傾向が見られる。

④ 0℃と 3℃の気温を基準に、全体のデータの割合からトリリニアダイアグラムのプロット状況を利用して地点の区分を行なった。その結果、北海道と東北地方を 10 の気候型に区分することができた。東北地方では緯度に依存せず、局地性が強く複雑な分布を示していた。

その後の研究で、中井（2015）は 1984 年から 2014 年までの 31 冬期において、多雪指数を設定して多雪・少雪年を判断している。本章で気温の年々変動を検討した際、寒冬年は 1984 年で暖冬年は 1989 年と定めた。その中井（2015）によれば、寒冬年は多雪となりやすく、加えて暖冬年は少雪になりやすいという。その報文の中でも本章と同様に、1984 年は多雪年、1989 年は少雪年として記されている。31 冬期で解析すると多雪は 10 冬期、少雪も 10 冬期、どちらでもない冬が 11 冬期あった、という。温暖化していることは確かであるものの、2000 年代でも 2005、2006、2011、2012、2013 年は多雪年となっている。

本章において並年の代表年次を 1994 年と設定した。中井（2015）の多雪指数によれば、1994 年の値は + 0.1 とそのグラフから読み取ることができ、この点からも 1994 年を並年として妥当であることが証明された。

中井（2015）による第 2 図、1984 冬期から 2014 冬期までの多雪指数の全地

点平均値の時系列を読み取ると、平均多雪指数が± 0.1 以内に入っている年は次のとおりである。それらは 1988 冬期、1991 冬期、1994 冬期、1999 冬期、2004 冬期、2010 冬期の 6 シーズンであった。

本章における研究結果は、その公表・刊行後に平野・大羽・森島ほか(2012)で次のように引用されている。その研究は日本海側多雪地域の山形県川西町で 1830 年代から記録された古日記天候記録を利用し、幕末以後の冬期気温を復元するという内容である。その際、主たる調査資料である「竹田源右衛門日記」は、1830 年から 1980 年までの 151 年間、欠測がほとんどない状態で観測・記録がつづられているという。その貴重なデータを使用するために、日記の執筆者が居住していた「山形県川西町」の地理的意義の妥当性をオーソライズする必要があった。

そこで本章での研究結果である、「雨・雪判別の際の閾値として、気温が 0℃以上、かつ 3℃未満になる時間数の空間分布を北海道と東北地方において調査した結果から、青森県から新潟県下越地方の間の地域が冬季における雨・雪遷移帯に相当することを指摘している」という内容にもとづいて、山形県川西町の日記を研究に利用することを決定していた。

## 5. 北海道・東北地方の冬期早朝に最低気温が記録される時刻

### 5.1. 最低気温出現時刻研究の必要性

前章では、日最低気温が低くなるような事例を対象にして、一日単位の視点で地域ごとのメカニズムを追究した。本章においては、日最低気温が出現する時刻による地域特性を知りたい。AMeDAS10 分値が公知となり、より細かい分解能のデータで研究を実施することが可能となった。

ところで、日最低気温は、晴天日であるならば日の出頃に記録されることが多いと言われている（富岡 1965）。福井（1938）には、日最低気温は季節を考慮しなければ午前 4 時から 7 時半の間に記録される、と記述されている。西日本は東日本よりも相対的に日の出時刻が遅いため、日最低気温の出現時刻もこれに対応して遅れることが Okada（1931）に示されている。

日最低気温が何時頃に記録されるかという研究は、次のような報告で扱われている。佐々倉（1948）によれば、南中時刻に対して 1.7 時間の遅れをもって最高気温が観測される、という。すなわち南中時刻よりも 1 時間 42 分の遅延で記録される。最低気温については、日の出後平均 20 分に出現する、という記載がある。ここでは最低気温の「起時」という用語が第二次世界大戦後まもなくして発表されていることが注目に値する。最低気温がいつ観測されるか、という考え方はこの当時からあった。

西山（1985）は、冬期の日最低気温出現が日の出時刻前後の 30 分位の間に集中している点を指摘している。また鈴木・小倉・阿部ほか（1988）によれば、日最低気温の出現頻度は日の出の 2 時間前から徐々に増え、日の出の 11 ～ 20 分後に最大となると報じられている。これらはいずれも茨城県館野における研究であったり、1980 年代の研究である。かつ日の出からの時間差を主眼としている研究であるので、時刻情報が不明確である。このようなことから、日最低気温が記録される時刻の地域性を捉えた研究が必要であると考えた。

近年、AMeDAS10 分値が公開された（例えば、藤部・中鉢 2003；藤部 2004 など）ことにより、気象官署以外の地点において従来の 1 時間値よりも詳細な気候値の表現が可能となった(注記 33)。そこで、この観測間隔の短いデータを利用して日最低気温の出現時刻を決める手法を確立し、その地理的分布の特徴を把握したい。10 分値を用いた議論が可能となれと、例えば、本論第 1 章で触れた脳卒中疾病などへの社会的な研究ニーズに寄与できうるものと考えた。

このようなことから本節においては、北海道と東北地方（新潟県の一部を含む）の AMeDAS10 分值を使用し、冬期の早朝に限定した場合、日最低気温の出現時刻（記録された時刻・起時）がどのような空間分布となるかを把握することを目的とした。

## 5.2. 本章の資料と解析方法

本章において解析に使用した資料は、AMeDAS10 分值データ（気象庁提供の CD-ROM、CSV 形式）の気温観測値で、1998 ～ 2003 年の 1 月および 2 月（合計 6 冬期、355 日分）を解析対象期間とした。解析対象地域は北海道、東北地方と北緯 37 度以北の新潟県とした（第 10 図）。解析対象地域には 332 地点の四要素を観測できる AMeDAS がある(注記 34)。

解析対象期間を 2 ヶ月に限定した理由は次の通りである。まず日の出時刻と日最低気温出現時刻の両者には関連性があるのではないか、という仮説を設定したので、日の出時刻の分布の状況を調べた。長沢（1999）や五十嵐（2001）によると日の出時刻は日々変化しており、経緯度や標高によって異なっている。冬期の日の出時刻については、2 ヶ月間で 1 時間弱の差にとどまるものの(注記 35)、仮に解析対象期間を 1 ヶ月間に限定してしまうと事例数が極端に少なくなる。その一方で 3 月まで含めると 3 ヶ月間にすると期間内における日の出時刻の差が大きくなりすぎ(注記 36)、適当ではないと判断したからである(注記 37)。

第 80 図には解析対象期間の中央部にある 2 月 1 日の日の出等時刻線を示した。これによると東北日本地域での日の出時刻には、最大で 20 分程度の差があることがわかった。

次に、日の出時刻に近い朝方に記録される日最低気温で、かつ既往の極値あるいはそれに準ずる値を記録するような日は、晴天日でかつ放射冷却現象が顕著に見られる（例えば、千葉 1999 など）。このような点から、各地点の気温観測値に等質性を持たせるため、各地点ごとに 00 ～ 09JST までの日最低気温の低い順から 20 %となる 71 日を解析対象日として抽出した(注記 38)、(注記 39)。ここで 20 %とした理由は、近藤・山沢（1983）による「一晩中、快晴が続く確率」が 0.2 程度であることを基準にしており、上空の寒気団が流入した



り晴天で放射冷却が強く効いた日とみなした(注記 40)。

### 5.3. 最低気温出現時刻特定の手法

この解析を実施するにあたり、観測の日界と日最低気温にちかいの定義についての問題点を解決する必要がある。そもそも日最低気温とは、「24 時間内にもっとも低い気温」と定義されている（吉野ほか 編 1985）。ただし日最低気温の出現時刻を単純に集計すると、朝方以外にも日界に近接した時間帯にその出現頻度が大きくなることが知られている（藤部 1999）。これは前夜から翌朝にかけて気温が低下する過程において、日界の存在によりデータが不連続となるためである。さらに日中に寒冷前線が通過するような日であれば、寒気の流入のため午後にかけて気温が低くなる事例となる。このように日最低気温は必ずしも朝方に記録されないことが日常的に多く存在することが経験的にわかっている。よって中島（1999）が指摘するように、気温変化の「谷」をうまく捕捉する方法を考える必要性が生じてくる。ここでは、藤部（1999）が示した「明け方の真の低極」に注目することとした。

前述したように日界を 00 時として 24 時間全ての観測値を解析対象とすると、午後に日最低気温が記録されるケースが当然抽出されてしまう。鈴木・小倉・阿部ほか（1988）の手法と同様に、解析対象時刻を 00:10JST から 09JST までに限定し、本章ではこれを単に「最低気温」と呼ぶこととした(注記 41)。

さらにこの最低気温の定義に関して、解析対象日の気温最低値(注記 42)と 2 位以下の値が記録された時刻に隔たりがあれば、それらのデータも軽視せずに取り入れたほうが本章での解析のねらいに合致すると考えた。旧来の 1 時間値（60 分）という時間枠とその母集団の大きさを考慮し、解析対象当日の気温最低値から 6 位までの値も解析するデータに含めた(注記 43)。これらの手法を用いると日界付近の最頻値は現れず、こちらも本章の目的に合致したデータを抽出することができた。以上のような過程により作成した資料から次の結果が得られた。

#### 5.4. 統計値による日最低気温が記録される時刻の特徴

解析対象地点の最低気温の全データから、時刻別のヒストグラムを作成した(第 81 図)。00:10JST に日最低気温が記録される頻度は 1.49 %で、日の出前で出現頻度が最も小さい 01:40JST にかけてその値は減少する。01:40JST は日最低気温が最も記録されにくい時刻であることも明らかになった。この間 01:00JST までは 1.50 %程度の出現頻度を保っているものの、01:10JST からはおよそ 0.25 %ほど小さくなる。その後 01:50JST から出現頻度が大きくなり始め、最大は 06:50JST の 4.49 % (6348 事例) で、それに次いで 06:40 の 4.42 % (6258 事例) であった。その間 04:30JST (1.785 %) と 04:50JST (1.793 %) のみ出現頻度の増え方が前後の時刻よりも小さくなり、結果としてグラフの形状は正規分布になる。概観すると 06:30 ~ 07:00JST の 30 分間が、最低気温出現のピークであると言える。07:20JST 頃からは出現頻度の減少が著しくなり、08:30JST 以降には 0.50 %を下回る。東北と北海道の両地方を分離して出現頻度の検討を試みても、両者のヒストグラム形状に差異はほとんどなかった。このことから、最低気温出現のメカニズムだけに限って言えば、両地方に大きな地域的特性はないと言える。

つづいてこのヒストグラムから判断した結果、解析対象地域における日最低気温出現の「核心時刻」を 06:50JST と定め、この時刻の前後 20 分のデータ(注記 44)をも併せて検討した。

解析対象期間内において、06:30 ~ 07:10JST の間に最低気温が記録される頻度(記録回数)の分布を第 82 図に示した。大局的には北海道の南東部および東北地方の太平洋岸でその頻度が大きく、日本海側で小さいというコントラストを示した。とりわけ<sup>あしよろ</sup>足寄、<sup>ほんべつ</sup>陸別、本別、浦幌、大津の十勝支庁管内の地点が上位 5 位までを占め(第 12 表)、頻度はいずれも 150 回以上となった。沿岸部では頻度が 90 回未満であるものの、例外として<sup>しんわ</sup>新和(頻度 151 回)、<sup>しずない</sup>静内(同 132 回)、日高門別(同 129 回)など日高支庁での頻度は大きい。

秋田県内陸部(<sup>おものがわ</sup>雄物川および<sup>よねしろがわ</sup>米代川沿い)では、頻度が 90 ~ 119 回の地点も列状に分布しており、山形県や青森県の内陸部よりも比較的大きい傾向にある。この間に日最低気温が記録される頻度が小さい地点は、今別(青森・頻度 40 回:以下地名に括弧書きがある場合は県名および支庁名を表す)、礼文島の<sup>ふなどまり</sup>船泊(宗谷・同 38 回)、松前(渡島・同 35 回)、相川(新潟・同 34 回)、栗島(新潟・同 30 回)(表省略)で、いずれも日本海側の地点であった。

同様に第 83 図には、時刻を前に 20 分ずらした 06:10JST ～ 06:50JST の出現頻度を空間分布図として示し、同様に後に 20 分ずらした 06:50JST ～ 07:30JST の頻度分布図（第 84 図）と対比させた。出現頻度の多寡について、分布形態に大きな相違はないが、根室および納沙布岬（根室）、上越（新潟）では 06:10JST ～ 06:50JST の時間帯に極大がみられ、周辺の地点とは異なる傾向を示した。道東、三陸海岸の各地点および宮城県内の平野部においては 06:50JST ～ 07:30JST の出現頻度は小さく、それ以前の比較的早い時間帯に日最低気温が記録されることがわかった。青森県内の地点はいずれの時間帯でも常に出現頻度が小さく、朝方以外の時間帯で日最低気温が記録されているとみられる。ここで解析を行なった 1 時間 20 分の間では、内陸と沿岸部の相違が明白に示された。

## 5.5. コレスポンデンス分析による結果と考察

### 5.5.1. コレスポンデンス分析について

この節では、統計的な議論を行なうためにコレスポンデンス分析を利用して、日最低気温出現時刻の地点別、および時間別の類型化を行なった。

コレスポンデンス分析とは、日本では数量化理論Ⅲ類とも呼ばれている解析手法で、質的データを量的データに変換して、その特性を明らかにするときに用いられる（森本 1997；村山 1988；内田 1997）（注記 45）。解析すべきデータが多数の行列で構成され、全体の特性を見渡すことが難しいデータを大まかに分類するのに適している。さらにクロス集計表を点グラフ化できることが最大の特徴であると言える（高橋 2005）。

したがってデータ量が多いマーケティング分野のアンケート集計などで積極的に活用されている（注記 46）。この分野においては例えば、似たような消費行動をとる人を 2 次元散布図上で近くに集め、結果を可視化するような解析事例で目にすることがある（豊田・齋藤 2005；木下・高部・広田 2015）。

前節では、日最低気温が記録された時刻と出現頻度のみに注目するために、汎用の表計算ソフト（マイクロソフト社の Excel）によって第 13 表に示した

ようなクロス集計表を作成していた。ここでの数値は、各地点における最低気温の出現頻度（記録回数）である。

コレスポンデンス分析は一般的に計算機上で行なわれ（駒澤 2002）、本章では汎用統計パッケージ（StatWorks）によって分析を実施させた。分析は次のような手順を踏む。最初にデータ各項目の総和による基準化を行ない、得られる特異ベクトルを規格化して地点ごとのスコアを算出する。すなわち、サンプル（各地点）と特性（時刻）の相関係数が最大になるように並べ替えを自動的に繰り返す。この過程で地点ごとの相関係数が求まっていくので、これらに対して座標上での距離を与える。この距離情報を表す値がスコアで、仮に各地点のヒストグラムの形状が似ていれば、座標上で近くにプロットされるように決めている（大村 1983）。この結果、各地点間の座標上での遠近も表現可能で、本研究においては地域および時刻分布のパターン化が可能となる（内田 2006）（注記 47）。

各地点におけるスコアは第 3 成分、第 4 成分とつづいていくが、本分析結果での累積寄与率は第 1 成分と第 2 成分までで 51.1 %であった。座標として表現する次元の決定に際しては、1 つの次元での寄与率が 10 %以上のものを取り上げることとし、第 3 成分、第 4 成分は本章の解析では無視することとした。なお、行数と列数が多い本研究のようなデータにおいては、寄与率が低めに算出される傾向にある。

まず、最低気温出現頻度の分布状況を分類するために地点のスコア散布図（注記 48）（第 85 図）を作成した。地域的な特徴がわかりやすいように、北海道の東部と西部（西部とは留萌、石狩、胆振支庁以西）と青森県、東北地方の東部太平洋側（岩手、宮城、福島）、同西部日本海側（秋田、山形）、および新潟県の地点に便宜上分別してプロットした。散布図の原点付近は、解析対象地点において標準的な性質を持つ地点である。したがってスコアが± 0.4 以下の地点はⅤ型として分類し、Ⅰ～Ⅳの地点からは予め除外した。

このコレスポンデンス分析では、スコア符号に基づいて解析対象の時刻についても 2 次元の座標軸に置いて分類することが可能である（第 86 図）。

### 5.5.2. コレスポネンス分析による地点類型化の結果

上記の手順によって作成された各図によれば、① 07:30JST 以降は日の出時刻から遅れて記録されるタイプ（以後Ⅰ型と呼ぶ）、②日の出時刻に対応している時刻は、06:20JST ～ 07:30JST まで（同じくⅡ型）、③日の出時刻前とは04:40JST ～ 06:10JST まで（同じくⅢ型）、④日の出時刻にあまり依存しないタイプの 00:10JST ～ 04:30JST（同じくⅣ型）とそれぞれ解釈できる。これら 4 つの時間区分は、前述した地点のスコア散布図（第 85 図）とも重ね合わせて対応させることができる。次に、この地点のスコア散布図によって分類された各タイプごとの空間分布図を作成した。

また、コレスポネンス分析では、散布図上の原点から離れた地点が特異的・個性的な地点として表現される。したがって、地理的な関係を考慮しながら各タイプの特徴が浮き彫りになるよう、代表的な AMeDAS 地点を 4 ヶ所ずつ選定した。

以下に各タイプの特徴を述べる。

Ⅰ型は、07:30JST 以降に最低気温が出現しているタイプと解釈される。最低気温出現時刻の頻度経時変化（第 87 図）を見る限り、00JST から 01JST の間に山があり、全体としては 03 ～ 04JST に底のある時間変化となっている。第 87 図によると、えりも岬（日高）を除いてほとんどの地点が日本海側に分布している。また大間、脇野沢、野辺地（いずれも青森）を代表とする津軽海峡、陸奥湾に面した地点もこのⅠ型に分類された。

つづいてⅡ型は 06:20JST から 07:30JST までの時間帯に相当する。第 88 図の経時変化を見ると、陸別（十勝）のみ他の地点と比較してやや早い 06:30JST に出現頻度のピークが存在する。Ⅱ型の空間分布によれば、北海道内では空知、十勝、日高、釧路の各支庁管内に、また東北地方では北上盆地、山形盆地のほか北上高地、阿武隈高地にも分布している。第 88 図中にプロットされた秋田県内の 2 地点は、鷹巣、大館である。

Ⅲ型は 04:40JST ～ 06:10JST の時間帯に該当し、出現頻度の経時変化ではピークが 06 時台に存在することがわかった（第 89 図）。ただし、03JST 頃から徐々に頻度が増加している点がⅡ型との大きな違いになっている。ここで 04:40JST という時刻は、解析対象全体の出現頻度が 06:50JST のピークに向けて増加傾向にあるなかで、一時的にその増加量が抑えられる時刻と一致している。このタイプの空間分布について、網走、根室、釧路管内の北海道東部、三陸沿岸の八戸（青森）から志津川（宮城）の間では、種市（岩手）を除いて全

ての地点がこのⅢ型に分類されていた。三陸海岸沿いにある AMeDAS の立地状況に関しては、海岸から離れていない高台に立地しているケースが多いので、このような結果となったものと考えられる。

最後にⅣ型は、先のⅠ型と同様に明確な極大を持たないタイプである（第 90 図）。しかしながら 01JST までの出現頻度についてはⅠ型と比較して大きく、日の出頃の極大は存在しない。このタイプの地点は、むしろ前日の夕方から夜半にかけての夜間の気温低下量が大きいものと解釈できる。空間分布図を見ると、沿岸部および内陸部にもこのタイプの地点が分布しており、明確な地域的特徴は見られない。ただし、Mori and Sato (2014) によれば、北海道内には 00 ～ 04JST および 17JST に高温イベントが観測される頻度が高まることが報告されている。

北海道内に目を移すと、Ⅳ型に分類された地点はオホーツク海沿岸部、石狩川流域、石狩湾沿岸、胆振支庁に分布しているほか、青森、秋田、山形、新潟の各県沿岸部に集中している。佐渡島では、西海岸の相川を除いて、弾崎<sup>はじきざき</sup>、両津<sup>はもち</sup>、羽茂のいずれもこのタイプとなった。東北地方の南部太平洋側には分布地点が極端に少なく、江ノ島（宮城）と鷺倉（福島）のみであった。前者は女川沖の島嶼部で、後者は標高 1220m に位置する地点となっており、両者ともに周辺にある他の地点とは地理的性格が明らかに異なる。そのほか矢島<sup>やしま</sup>、東由利、湯沢、横手などの秋田県南部では内陸部に至るまで、このⅣ型が支配的である。本研究前章ですでに指摘しているように、AMeDAS の観測開始以降、国内における最低気温極値を記録した上川支庁管内の江丹別（千葉 2000）も、このタイプに分類された。

ところで、コレスポネンズ分析による地点のスコア散布図上で原点に近い地点は、地域的な個性が弱く、言わば「標準的な地点」とであると既に述べた。地点のスコア散布図上の第 1 成分および第 2 成分の値がそれぞれ  $\pm 0.4$  以下の 24 地点を選定し、これらをⅤ型として分類した（第 91 図）。時刻別の日最低気温出現頻度と、同全地点平均値と比較したところ（第 92 図、および第 93 図）、両者はほぼ同じ時刻分布を示しており、Ⅴ型がこの北海道・東北地方の言わば「平均的な地点」であることが証明された。この型の地点の空間分布状況を見ると、函館（渡島）、大潟（秋田）と種市（岩手）を除いて全て内陸部に位置していた。各タイプごとに 1 地点となるように、美深（上川）、幌加内（空知）、若松（福島）、生田原（網走）<sup>いくたはら</sup> の 4 地点をその代表例として選定し経時変化を示した。前述の第 91 図とも併せて検討した結果、日最低気温出現頻度の集中の程度においてⅤ型はⅠ型とⅢ型の間で、ピークの位置においてはⅡ型

に相当することがわかった。

## 5.6. 最低気温が記録される時刻による地域区分

解析の結果から、Ⅱ型とⅢ型は夜間冷却量の大きい地点に該当すると推測され、出現頻度の経時変化に明確なピークの存在がうかがえる。このピークは先に示した第 80 図の日の出時刻と対応しているのではないかという仮説を立て検討した。この時期の日の出の等時刻線は北東－南西方向に走っており（長沢 1999）、根室や小名浜などでその時刻が早く、稚内や新潟では遅い。Ⅲ型では出現頻度のピークが 06:30JST 頃となっており、この等時刻線の走向にもよく対応している。またⅡ型の地点の空間分布状況は、Ⅲ型よりも内陸部への広がりを見ることができる。しかしながらⅢ型の西側に分布しているということは、日の出時刻の相違が第一義的要因で、次いで考えられる要因としては、内陸部や盆地に位置している点である。Ⅱ型は夜半から早朝まで晴天が継続し、放射冷却現象が持続しやすい地点であると推測できる(注記 49)。

一方で、Ⅰ型とⅣ型に関しては日の出時刻との関連性の薄いことが明らかになった。この 2 つのタイプに関しては、気温の変化量がそれほど大きくないこと、海洋に近接しているという影響などが考えられる。そもそも AMeDAS 地点には、標高、谷の走向、傾斜方向、地形傾斜の角度をはじめとした地点固有の地形的特性がある（例えば、黒瀬・長田・大場ほか 1999）。したがって今後、個々の地点で AMeDAS の風データを利用して最低気温の発現に及ぼす諸過程を確認することも必要である。

AMeDAS10 分値とコレスポンデンス分析の手法を導入することにより、最低気温出現の場において 1 時間値では不明確であった時間区分とその空間分布特性を明らかにすることが可能となった。この点が本章での研究の成果である。北海道や東北地方の気温分布を扱った研究（例えば、佐藤・金澤 1982；加藤 1982；千葉 2000；千葉 2002 など）の解析結果を見ると、内陸部と沿岸部の気温差については明確に表現されている。

第 94 図には長沢（1999）による 1 月 1 日の日の出の等時刻線、第 95 図には秋分の日の日の出の等時刻線、第 96 図には夏至の日の日の出等時刻線を掲載した。本論の第 2 章や第 3 章で明らかにしてきたような、静穏で放射冷却が顕

著な日では、これらに示した等時刻線の時刻帯に朝方の最低気温が記録されると推測される。次章で後述する千葉・小林・金田（2012）では、気象官署における各気象要素の 10 秒値と 1 分値における研究がなされている。今後これら分解能の高いデータの入手が一般にも可能になった時に、最低気温の起時に関する研究がより深まり、日の出の等時刻線との関連性も浮き彫りになってくるだろう。

気温の観測値のみではなく時刻の概念を取り入れることによって、従来の研究では全く見えなかった空間分布の様相を表現することができた。本章での解析では各地点の時間・空間分布の分類手法とその結果に主眼を置いている。そのため原因やメカニズムの探究が、次の研究への課題となった。

## 5.7. 本章のまとめ

本章で実施した解析で得られた知見を以下に記す。

① 解析対象にある AMeDAS 全地点のデータにおいて、最低気温記録頻度の最も大きい時刻は 06:50JST である。

② 最も最低気温が記録されにくい時刻は 01:40JST であった。また、04:30JST と 04:50JST 頃は、その前後と比較すると最低気温の出現頻度の増え方が一時的に小さくなる時刻である。

③ 北海道と東北の地点を分離し、最低気温出現頻度の経時変化を検討しても、両者に大きな差異はないことが明らかになった。

④ コレスポンデンス分析（数量化理論Ⅲ類）の手法により、各地点を 4 タイプと原点に近い平均的なタイプの計 5 つに類型化することができた。

⑤ 5 つのタイプは以下のように説明できた。

I 型：全体的に最低気温出現頻度の極大は明瞭ではないが、07:30JST 以降に小さなピークがある。北海道、東北地方の日本海側、および青森県内はこのタイプの地点が支配的であった。

II 型：06:20JST から 07:30JST までの 1 時間 10 分の間に最低気温出現頻度が集中し、そのピークの形が明瞭である点がこのタイプの特徴である。同時に日の出時刻と最もよく対応している。この II 型に分類された地点は、北海道内、および東北地方の岩手、福島を中心とした内陸の盆地に分布していた。



Ⅲ型：04:40JST ～ 06:10JST にピークがある。最低気温出現頻度の経時変化の様相は上記のⅡ型と大きく変わらないものの、ピークはⅡ型ほど急峻ではない。分布域は道東および三陸沿岸をはじめとした太平洋側となっていた。

Ⅳ型：Ⅰ型と同様にヒストグラムの経時変化に明確な極大が見られないものの、00:10JST ～ 04:30JST の間と分類されたタイプである。01JST までの間に日最低気温出現頻度の緩やかなピークがある。このⅣ型の地点は、解析対象地域全体に散在しているが、日本海側に若干多く分布していた。このⅣ型の地点では、日の出時間帯の日最低気温出現は期待できないと言える。

Ⅴ型：コレスポンデンス分析で地点の散布図を作成し、その図の原点に近い地点、すなわち解析対象地域全体を代表するような平均的な地点をⅤ型として分類した。出現頻度の経時変化のピークはⅢ型に最も近いが、日の出時刻付近の出現頻度はⅢ型よりも小さい。分類された 24 地点は、ほとんどの地点が内陸部に位置していた。

## 6. 本研究のシーズと東日本大震災被災時の気温分布と日最低気温

### 6.1. 本研究のシーズと東日本大震災の発生

以上本論の根底になった研究は、基礎科学研究としての位置付けであり、いわゆる「シーズ」的研究であった。諸々の研究における「シーズ」と「ニーズ」に関しては、日本では 1970 年代からその用語が使用されており、両者のバランスを保つことの重要性が指摘されている（例えば、遠藤 2013 など）。前章までの研究結果の読者や利用者は、主に寒さや暑さに晒<sup>さら</sup>される屋外作業や運輸従事者向けであろうと筆者は想定していた。

これらの研究が刊行・公表されてしばらく後の 2011 年 3 月 11 日(金曜日)14 時 46 分 18.1 秒(JST)に、マグニチュード 9.0、「東日本大震災」を誘因した最大震度 7 の「東北地方太平洋沖地震」が発生した（例えば、Smith 2013 など）。

筆者は発生時以降の気象データ、とりわけ気温計測値から、被災者が感じた寒さを調べることに對して、これまで本研究で展開してきた解析手法が、防災や減災分野で活用が可能であり、当該分野の研究に寄与できうと考えた。

被災当時の状況は、ニュースなどで多く報じられている。そのなかでまずはじめに当時の証言を綴った刊行物の中から、文藝春秋の臨時増刊号「つなみ被災地のこども 80 人の作文集」（森 編 2011）に目を通して見た。

このような災害の研究のアプローチとしては、科学的なデータの解析が重要視されるだろう。しかしながら中島（2015）によれば、理学、工学、社会科学の 3 つの研究コンポーネントがあり上流か下流かの位置付けをすると、普通に考えた場合、理学、工学、社会科学の順となる、という。それは実は違っており、経験豊富であるのは生活を営んでいる社会と人間でそれらの二つの社会学的視点が主役である、と記されている。

そのような点を踏まえ、はじめに作文集から東日本大震災についてアプローチしてみたい。

この刊行物は、児童・生徒の作文集である。震災当時から翌日、そして長期に亘る避難所生活について主に小・中・高等学校の児童・生徒からの証言が作文として掲載されている。これらの中に当時の気象状況や寒さや降雪に対しての記述があることに注目した（例えば、第 97 図）(注記 50)。

そのなかで、気仙沼市気仙沼中学校 1 年生 鈴木 愛（以下全て当時の学年で記載）さんの作文「制服姿に凍てつく寒さ」、と同じ気仙沼中学校 2 年生

吉田有希さんの作文「私の二ヶ月間」からは気仙沼地区で降雪があったことが記述されている。気仙沼市立鹿折中学校 3 年生 畠山珠咲さんの作文「ペットボトルの湯たんぽ」、同中の 3 年生 熊谷菜生さんの作文「子供や孫に伝えたい」では、被災直後夜の寒さのことが原稿用紙に描写されている。名取市の宮城県農業高等学校 1 年生 永山晶尊さんの作文「一番キレイな星空」にも被災時の降雪と夜の寒さの記述がある。

地方公共団体・行政等の管轄地域が避難時の寒さ対策を講じる際に、寒さが厳しい冬期に被災したことを想定し、最低気温極値を知ることや被災月の月最低気温どの程度まで低下するのかを把握しておく必要があるだろう。その度合いや程度に対してハード面での対策が必要となってくる。

## 6.2. 東日本大震災発生当時の気象条件

本節では、東日本大震災被災当日から 2011 年 3 月末までの気温分布などから、被災地がどの程度の寒さだったのかを検討した。

ところで、被災当日の気象条件などを示した報告や論文は予想に反して少ない。千葉・小林・金田（2012）の研究内容はことのほか興味深く、岩手県宮古での「あおり風」によって軽自動車の運転に影響が生じるような局地的強風があったことや、名取市や仙台空港への津波襲来に際して、津波の動きに起因すると思われる南風が入ったことなどが解析・記録されている。

千葉・小林・金田（2012）によれば、震災当日では気圧の谷が 13:48JST に通過していた（千葉・小林・金田 2012 による第 98 図）。当日 15JST の地上天気図（第 99 図）を確認すると、関東沖に 1014hPa の小さな低気圧があって、東北地方に対しては北から寒気が吹き込むような気圧配置となっている。この寒気の軸と気圧の谷がこの時刻に通過したものと考えられる。

第 100 図には、当日 13、14、15、16JST の MTSAT2・ひまわり 7 号が撮影した日本付近の衛星雲画像（可視）を掲載し、その画像を精査してみる。まず 13JST の画像では、東北地方日本海側は雲に覆われており、これが気圧の谷による擾乱であることは見当がつく。その一部が宮城県中央部から海上に、さらに福島県浜通りから同じく海上に向け、筋状の雲となって張り出している状況も見える。

14JST の画像では、気圧の谷にともなう雲により宮城・福島両県も地表面が確認できない状況すなわち曇天へと変化した。

ここで地震が発生する。その 14 分後に撮影された 15JST の雲画像を確認すると、東北地方の陸域面のほとんどが雲に覆われていた。福島県中通り福島～郡山周辺と浜通りの一部にのみ陸域が見える（晴天域）地域がある。

16JST では、擾乱の雲域が東に移動した。福島県中部に陸域が確認できる帯状の部分がある以外は、東北地方全体が雲に覆われている状況に変化はない。少なくとも三陸沿岸から福島県にかけての津波襲来時の沿岸地域では晴天であったところは少ないと判断される。

ところで、仙台の気温は地震発生時に 5.0℃あったものが、15:03JST 頃から急激に低下し 3℃ほどになっていた（千葉・小林・金田 2012）。この間に風向のシフトがあり、風向が南南西から北東に変化した。このシフトは、津波襲来とともに押し寄せた風系であるとみられるとのことである（千葉・小林・金田 2012 による第 101 図）。

当日 15JST の気象状況は、総観スケールにおいては気圧の谷による擾乱があり、加えて下層大気場では津波に影響される風系も存在していた模様である。

### 6.3. 東日本大震災発生後の気温と降雪

東日本大震災による津波襲来時の報道映像を視聴すると、宮城県北部などで小雪が舞っている地域があった。日本専門図書出版株式会社（監修）（2011）の写真を確認すると南三陸町、石巻市などで震災当日降雪があったことがわかる。津波の避難時には、寒さが厳しかったことが想像できる。

そこで、東日本震災発生 6 分前である 14:40JST の AMeDAS データ 10 分値の気温を調査した（第 102 図）。

地震発生時の気温は、岩手県から宮城県にかけての太平洋沿岸地域ではおおむね 5℃で、塩釜が 0.5℃、山田および気仙沼が 1.6℃と低い値を観測していた。青森、秋田、岩手の各県ではおおむね 0℃前後であった。

震災当日に宮城県仙台市内でも降雪が確認されているものの、そのことについての記載・記述は少ない。そこで、宮城県仙台市内の小学校に通学する小学 6 年生 A 君（男子：被災当時小学 2 年生）と同 3 年生 B さん（女子：被災当時

未就学)の2名に保護者同伴のもと聞き取り調査を実施した。聞き取り日時は2015年9月である。2名の児童は震災の経験から既に4年半も経過しているにもかかわらず、当時の記憶は非常に鮮明であった。

聞き取り調査の結果、宮城県仙台市内(青葉区山手町)における気象状況は次の通りだった。地震発生時、児童A君は卒業式準備の都合で自宅でゲームをしていた。その当時の外は「晴れていたと思う」との証言。地震後屋外に避難したところ、「どんよりして曇っていた」。その避難時に「大きい雪が降ってきて、夜止んだ」という。

震災発生の夜は、前述したような児童・生徒の作文のとおり、児童A君と同Bさんともに「夜は停電となつてとても寒かった」という証言を得ている。

地震発生後から津波襲来時の作文描写のなかに「雪が降っていた」という文章を確認していく。これは前述した、「つなみ 被災地のこども80人の作文集」(森 編 2011)の作文を資料とした。

それによると次の学校に所属する児童・生徒から「雪が降っていた」という文言を作文に残していた。降雪があったことを確認できたのは、宮城県立農業高等学校(名取市)、石巻市立釜小学校、石巻市立万石浦小学校、石巻市立青葉中学校、石巻市立石巻中学校、宮城県立石巻北高等学校(石巻市)、岩手県南三陸町立伊里前小学校、南三陸町立歌津中学校、気仙沼市立大谷小学校、気仙沼市立気仙沼中学校、気仙沼市立鹿折中学校、宮城県立本吉響高等学校(気仙沼市)である。これらの学校に所属する児童・生徒の証言から、少なくとも上記の学校や地域で降雪があったことが確認できた。おおむね、岩手県南三陸町以南から宮城県名取市までの沿岸部である。

ところで、三陸沿岸への津波襲来および停電の影響、または電話回線輻輳などによって東北地方の多くのAMeDASでは観測ができず、15JST台から欠測地点が多くなる。気象庁 編(2011)によれば、津波襲来時刻はもっとも早かった大船渡(15:18JST)、つづいて釜石(15:21JST)、宮古および鮎川(15:26JST)、いわき小名浜(15:39JST)、相馬(15:51JST)の順となっている。

気象官署の盛岡は地震後も観測可能、大船渡・宮古では15:30JSTから欠測、石巻では観測していたものの16:00JSTから17:00JSTまでの1時間は降水量のみ欠測となっていた。このことは、欠測と津波襲来時刻との関係性があることの裏付けとなる。

#### 6.4. 東日本大震災発生翌日以降の気温と冬期の避難

地震と津波襲来後、津波に流され浮遊した家屋の屋根上に身を寄せたり、余震を恐れて屋外に停車した自動車の中で一夜を過ごした被災者も多かった。先に述べたように被災当日夜から翌朝にかけて「とても寒かった」という宮城、岩手両県の児童・生徒の証言から、震災翌日 3 月 12 日（土曜日）の日最低気温がどの程度だったのかを知りたい。そこで翌日の日最低気温分布を気象庁の気象統計情報からデータを抽出して調べた（第 103 図）。第 103 図上の×印は欠測地点である。

当然のことながら、最も知りたい岩手県を中心とした三陸沿岸の津波被災地の AMeDAS 観測地点によるデータ表示は軒並み欠測となっている。

3 月 12 日に東北地方沿岸部で日最低気温が最も高かったのが福島県相馬での 3.7℃で、最も低かった地点が岩手県譜代で - 5.6℃であった。仙台では - 1.1℃、石巻では - 1.4℃であった。沿岸部では少なくともこれらの幅の日最低気温を記録していたことが予想される。この気温のもとでは、例え衣服を重ね着をした防寒対策をとったり、屋外に駐車された車内でエンジンをかけてエアコンやヒーターを作動させたとしても、非常に寒い環境であったことは否めない。しかも情報がなく、不安なこの寒い夜を多くの住民が経験したことになる。

つづいて、東日本大震災後 3 月 31 日までの津波被災の欠測が少ない地点においての毎日の日最低気温を調べた。これは 三陸沿岸から宮城、福島両県の AMeDAS 地点において、欠測地点が比較的少ない、種市、久慈、譜代、小本<sup>おもと</sup>、気仙沼、石巻、塩釜、仙台、名取、亘理、丸森、相馬、広野、小名浜の 14 地点について、気象庁の気象統計情報ホームページを用いて、2015 年 3 月 31 日までの毎日の日最低気温データを抽出し第 14 表に提示した。

3 月末までに太平洋側の津波被災地で日最低気温がもっとも低かったのは、3 月 16 日に記録した譜代での - 6.4℃である。福島県の地点を除いて 3 月末までほとんどの地点で氷点下を記録することがあった。

震災発生後から 3 月 31 日までの気象庁による地上天気図を第 104 図に掲載し、確認した。震災以後の最低気温を記録した日が集中している 3 月 16 ~ 18 日と、3 月 24 日については地上天気図から冬型の気圧配置であることがわかった。

被災地の避難所の多くは地元の公民館や、小・中・高等学校等の各地方自治体公立学校である。その体育館や教室に暖房があったとしても、停電や暖房用

燃料の供給停止による状況では、思うように室内の加温ができない。そのような条件下の避難生活は非常に厳しいことだったと推測される。

そもそもわが国は環太平洋火山帯に位置しており、地震や火山の活動が活発であるのは周知の事実で、これまでしばしば長期間の避難を余儀なくされることがあった。

記憶のなかにあるのは 1995 年 1 月 17 日（火曜日）早朝 05:46JST に発生した阪神・淡路大震災であろう。これは厳寒期に発生した震災であり、被災市民にとって寒さの過酷さを経験した事例であった（岩崎ほか 編 1999 など）。

2004 年 10 月 23 日（土曜日）夕刻 17:56JST に発生した新潟県中越地震では、上越新幹線走行車両・東京発－新潟行「とき 325 号」が脱線する事故が起きたほか、新潟県古志郡山古志村（現・新潟県長岡市）などで向寒期の厳しい環境下での避難状況が報じられた。寒い屋外で自動車の中で長期間避難した結果、いわゆる「エコノミークラス症候群」による心臓や脳疾病等に見舞われた被災者も多かった（ジャパンメディカルソサエティ JMS 編集部 編 2005）。

これらのような事例があったにもかかわらず、冬期の大震災を避難計画に盛り込んでいた地方自治体は多くはなかったかと推測される。今回の東日本大震災のような大震災が厳冬期に発生することを想定するならば、寒さを少しでもしのぐための対策の一つとして例えば、月最低気温を調査するなどといった「寒さに対するハザードマップ」を作成する必要があったのではないかと感じた。

その点が主に本研究の第 2 章、第 3 章で述べた月最低気温分布図の作成、およびその把握の必要性に繋がる。このことは、本研究が出発した構想ともマッチングしていた。

## 7. 本研究の結論と将来的な課題

### 7.1. 本研究の結論

本研究は、日本においても寒さの厳しい東北地方・北海道地方を対象にして、気候地理学的な見地から最も寒さが厳しい状態やその地域がいつ、何時頃生じて、それがどこであって、どのような条件下や総観場で生じるのかを追究したものである。主たる解析の結果、以下の知見を得た。

① 月最低気温が記録されるような日を検討してみると、総観スケールよりも小さい地方のスケールで論じる場合、必ずしも同一の日に記録されているわけではなく、数日間に集中している。しかも、太平洋側で月最低気温を記録する場合も日本海側での場合も、雪雲が消失した、いわゆる地表面の放射冷却に起因するパターンが多い。

② 高層天気図と照合させると、500hPa 面において北海道付近に低気圧が存在しない日に東北地方各地で月最低気温を記録する傾向にある。仙台の850hPa 面の気温と各地点の月最低気温との相関係数の値は沿岸部で大きく、内陸部で小さい傾向にあり。相関係数の値が小さい地点は、寒気の影響を受けにくい地点であると考えられ、これはまさに極値が観測されるような低温が上述①の放射冷却によってもたらされる地域・地点であることを示唆している。

③ 北海道地方においては、冬期は旭川から名寄を中心とした地域で相対的に低温になる。北海道における月最低気温の最低値は、解析対象期間内の1月で旭川市江丹別で $-37.1^{\circ}\text{C}$ まで、6月は川湯で $-3.7^{\circ}\text{C}$ までそれぞれ下がっている。6月でも氷点下を記録する地点が道内で42%も出現している。したがって、防災的な観点から北海道に関しては、夏期についてもしかるべき防寒対策を立案・計画する必要があることがわかった。

④ 北海道地方で月最低気温が記録されるような日の総観場の特徴は、冬期ではシベリアからの寒気が南下して、500hPa 面の低気圧が北海道を通過した後、夏期ではオホーツク高気圧が南側へ張り出すような場合である。冬期の日最低気温が多くて記録されるような日では、寒気の張り出しにともなって対流圏全層にわたって風速が弱くなる。夏期低温の分布状況を調査することで、冬期のケースとのメカニズムの差異が明らかとなった。

⑤ 寒さは人間活動に対して制約という条件を追加させる。道路交通などで凍結などの危険な制約条件をもたらす $0^{\circ}\text{C}$ 未満の気温出現率について並年の分



布状況は、北海道の石狩支庁よりも北側と東側の地域で 70 %以上、東北地方では 10 ~ 70 %未満となっており、新潟県の日本海側では 10 %以下の地点もある。

⑥ 雪が降るか、あるいは曇となるかという意味での 0℃以上 3℃未満の出現率を調べてみると、0℃未満の出現率と負の相関関係にあった。その出現率が 50 %を超える地点はこの解析対象地域には存在しない。経年変動から算定した並年の分布状況について、10 %未満の出現率を示す領域は北海道南部を除いた地域に分布している。出現率が大きい領域は東北地方中部にあり、この指標が凍結・融解の遷移地帯に該当し、気候変動を受けやすい地域であり、加えて寒冬年と暖冬年との積雪の多寡などの景観面や積雪水量で大きな差異が見られる地域である。

⑦ 0℃未満の出現頻度においての経年変動で、北海道ではほとんど変化がないものの、東北地方南部で温暖化の兆候が見られる。0℃以上 3℃未満の出現率 30 %以上の領域には、北海道南部から東北地方において北上している傾向が見られる。0℃と 3℃の気温を基準に、北海道と東北地方を 10 の気候型に地点区分することができた。東北地方では緯度に依存せず、局地性が強く複雑な分布を示していた。

⑧ 解析対象 AMeDAS 全地点のデータにおいてデータマイニング的な解析手法により日最低気温記録頻度の最も大きい時刻を調べると、06:50JST であった。これは解析対象期間の日の出時刻とほぼ同じことがわかった。日最低気温の出現時刻と日の出時刻とのメカニズムを追求することはできなかったものの、両者に関係性があることが提示できた。加えて、北海道地方と東北地方における、日最低気温出現頻度の傾向は、大きな差異のないことがわかった。

⑨ 上記とは対照的に、日最低気温が最も記録されにくい時刻は 01:40JST であった。加えて 04:30JST と 04:50JST 頃は、その前後と比較すると日最低気温の出現頻度の増え方が一時的に小さくなる時刻である。これらは出現頻度で傾向がわかっただけで、そのメカニズムについての説明はできていない。

⑩ コレスポンド分析（数量化理論Ⅲ類）の手法により、各地点を二次元座標の各 4 象限にプロットされた 4 タイプと原点に近い平均的なタイプの計 5 つに類型化することができた。それらのピークは、07:30JST 以降に小さなピークがあるもの、06:20JST から 07:30JST に集中しているもの、04:40JST ~ 06:10JST にピークがあるもの、00:10JST ~ 04:30JST にピークがあるもの、およびこれらに分類されないタイプの地域があったことである。とりわけ、日の出時刻に近い、06:20JST から 07:30JST に分類された地域は、放射冷却によっ

て最低低温が記録されやすい地域であると言い換えることができる。

⑪ 2011 年 3 月 11 日の東日本大震災発生から、その後の被災者が体験した体感的な事象は、これまで研究してきた寒さの評価につながると考え、当時の気象データをもとに検討を試みた。その結果、東日本大震災の地震発生時、岩手県から宮城県にかけての太平洋沿岸地域ではおおむね 5℃で、塩釜が 0.5℃、山田および気仙沼が 1.6℃と低い値を観測していた。青森、秋田、岩手県ではおおむね 0℃前後であった。

翌朝 3 月 12 日東北地方沿岸部で日最低気温が最も高かったのが福島県相馬での 3.7℃で、最も低かった地点が岩手県譜代で－ 5.6℃であった。被災主要都市である仙台では－ 1.1℃、石巻では－ 1.4℃であった。暖房がない状態や屋外で過ごした避難者も多くおり、被災者の証言から「寒かった」ということがデータで明白となった。3 月末までに太平洋側の津波被災地で日最低気温が最も低かった値は、3 月 16 日に記録した譜代での－ 6.4℃である。福島県の地点を除いて 3 月末までほとんどの地点で氷点下を記録していた。

以上、本研究では東北地方と北海道地方の寒さについていくつかの観点から研究・解析を実施した。最も寒い地点や、総観場、そして積算値での寒さについても地理的分布などを中心に把握することができた。ただし、データマイニング的な手法を一部採用しているので、その傾向について一種の「気候図」(注記 51)として提示はできているものの、そのメカニズムにまで踏み込んで説明ができていないという点もある。

ただし、本研究で追究してきた結果や、その過程で作成されたいくつかの気候図は、寒さに対する準備や対策に有効であると筆者が気付いた。それは、東日本大震災を経験したことを介したからである。冬期の場合、通常の生活では屋外で生活することは、いわゆる「アウトドア」のキャンプなど特殊な条件下以外では想定できず、しかも自動車などのヒーターで加温された車内でのケースしか考えられなかった。ただし、これまで阪神淡路大震災、新潟県中部地震、そして今回の大震災で多くの住民が、暖房がない中での屋外・屋内での避難生活を余儀なくされる期間が多くあった。たとえ屋内であっても、厳冬期には暖房がなければ寒さをしのぐことは容易ではない。

気象庁 編 (1962) のような最低気温極値を計算した気候表が、これまでも刊行・公表されてきた (例えば、気象庁 編 1962 による第 15 表)。現在は AMeDAS が全国展開されており、これらの極値の記録情報を、観測点に近接

している地方自治体が有効に活用すべきである。これらの情報をもとに、各避難所で必要な物資や暖房の手法およびその備蓄燃料などの試算に役立てることができ、そのことが減災への有効な手立てとなりうる。

本研究が開始された当初は、積雪や寒さを評価することでメカニズム・連関性を調べるのが大きなねらいであったが、東日本大震災発生後に本研究は大きな意義を持った。この大震災後には、例えば、北海道札幌市のように避難場所基本計画で、避難所での寒さに対する指摘がなされ、計画の中に「毛布・寝袋一人一つ、校舎 1 階においてストーブで暖をとる」、ということなどが見直されて追記された(注記 52)。

2015 年 9 月 1 日には、東京都の全世帯向け「東京防災」という防災マニュアル本 (B6 判、340p) が配布された (東京都総務局総合防災部防災管理課編 2015)。このマニュアルの 192p には、寒いときには「新聞紙で暖をとる」という記載があり、そのほか段ボールや発泡スチロール等を使い避難生活を送ることがアドバイスされている。新聞報道 (読売新聞夕刊 2015 年 9 月 24 日付) によれば、この「東京防災」を発行した東京都の専用コールセンターへの問い合わせが約 8000 件もあった、という。一般ユーザーのみならず被災地自治体からの照会もあり、防災についての関心の高さが伺える。

さて、この東日本大震災を全国民が経験した、ということについては、多くの日本人の防災意識を見直すこと、ひいては国民性にまで大きな影響を及ぼした (高橋・政木 2012)。この世論調査によっても明白である。こんにち、一般ユーザーや各地方自治体の防災計画立案担当者が、かつてと比較して利用しやすくなった気象庁の気象統計情報のデータを積極的に活用し、本研究を参考とすることで、多くの人を寒さから解放できるのではないかと考えた。

最上・橋本 (2015) では積雪寒冷地で幼少の保育園児などを安全に避難させる提言がなされている。高齢者も含め犠牲者を一人とも出さず、避難者がより快適に過ごせるよう本研究が活用されることを望む。

この点を本研究の結語とする。最後に、本研究の意義を考え第 105 図に記した。

## 7.2. 本研究の将来的な課題と寒さのハザードマップの作成・利用の提案

本節では、本研究全体を総括し、残された課題についてまとめる。

そもそも寒さの算定を行なう必要性は、次の点である。夏の猛暑時であっても、かつてのようにエアコンが普及していない時代の家庭では、氷などで涼をとりながら扇風機のみで生活することができていた。その一方で、冬の寒さの「しのぎかた」は、屋内で着衣を重ねること以外は電力や火気、あるいは簡易的なカイロなど何らかの「知恵」と「工夫」をもって対処しないと体温や室内等の気温を上昇させることはできない。

このように暑さよりも寒さのほうが、人間の行動に対して制約をもたらし、しかも人間が生活していくうえでのインパクトが大きい。すなわち、寒さへのしのぎかたは、人間が生きていくために何らかの工夫が必要なのである。

以上のような点から最も寒い状態である日最低気温がいつ、どこで、どの程度の状態になるのかを知っておく必要であるという議論を展開してきた。それは低温になれば、降水は固体降水となる。降雪があれば、自動車はスタッドレスタイヤを装着しなくてはならない。積雪環境下では、同じ距離程を走行するならばより多くの時間を要し、運転にも一定以上の技量が必要とされる。車間距離も多めに取る必要性が生じ、急ブレーキや急ハンドルによって運転する自動車のコントロールを失う危険性も出てくる。加えて、東京都より発表された首都直下地震の被害想定では、「冬の 18 時」に M7.3 の東京湾直下型の地震が発生する、というシーンを考えている（例えば、加藤 2012 など）。

当初、本研究では北海道や東北地方で冬期にどれくらいの寒さになる可能性があるかを調査すべくしてスタートした、と前述した。本研究は単に基礎研究や「シーズ」としての意味合いしかなかったものの、東日本大震災において屋外での避難生活を経験し「ニーズ」という大きな意味を持ったということも前節で述べた。

今後いわゆる「ビッグデータ」によるデータマイニング的な手法により AMeDAS データ等を使用して、日最低気温がどれだけになるのかを全国で算定して気候図として提示できれば、地震・火山被害の頻度が大きいわが国において有効であると考えている。

ここ数年の間で気象庁のホームページによる「気象統計情報」も非常に使いやすくなった。このホームページにアクセスし、研究を実施する事例も出てきた（例えば、松川・宮本・中村 2009 など）。

本研究では煩わしい欠測処理を一定の規準により実施し、統計の信頼性を保

持してきた。現在では一般ユーザーでもこのホームページによって知りたいデータを容易に抽出することができるようになった。逆に言うと、本研究で抽出されたデータの信頼性が気象統計情報を閲覧することによって証明されていることとなる。

本論を終結させるに際し、前述の気象庁による気象統計情報で1月～3月、6～8月の全国の月最低気温極値を抽出した（第16表～第21表）。地球温暖化による影響で、2000年代以降に月最低気温極値を記録した地点は非常に少ないことがわかった。この点については、鈴木（2008）でも指摘がなされており、それによれば特に日最低気温の温暖化が顕著である。木村・辻・宗岡ほか（2007）は、北海道内の冬期の気温が上昇傾向にあり、1990年代以降日平均気温が極端に冷え込むことが少なくなった、という結果を報じている。北海道北部で暖冬傾向が強いことも報告されている。

これらの研究結果から、既往の最低気温の極値に大きな変化はないことも改めて確認でき、本研究のこのままの状態での利用に十分耐えうると判断することができる。一方においては温暖化によって、積雪・寒冷地特有である雪氷を有効利用するような気候資源の活用に対して、負の影響をもたらす可能性がある。

2014年4月5日現在、わが国に1,718の市町村と23の東京特別区が存在する(注記53)。それらの地方自治体がその地域における観測地点の最寒月の月最低気温値や分布図を「寒さのハザードマップ」として把握し、住民に周知させることは非常に重要であると考ええる。住民に対しての周知を実施することで、災害発生時における寒さ対策や物品調達を円滑に準備することが可能となり、「減災」の一助となるものと切に願っている。その理由や着眼点については、本研究を提示することによっておおむね説明できるだろう。

志村（2015）は、教育学的な観点から「地理は防災教育の要」、であると指摘している。同様な意見は、伊藤（2012）によっても雪工学の立場からもなされている。災害時に一時避難するところは、近隣の小学校や中学校であることが多いだろう。とりわけ学区あるいは校区の「縛り」をもって日常の生活を送っているのは小・中学校の児童・生徒達であろう。このようなことから小・中学校に加えて高等学校の教育現場でも、避難時において寒さに耐える発想や身の回りの物品で寒さをしのぐ対処法などを考えさせるような指導の必要性を感じた。

本論を念頭に置き、次世代を担う児童・生徒に対して人間と寒さ、寒さと防災についての思考ができるよう、投げかけていきたい。

### 7.3. 本研究のあとがき

気温分布に関する研究は古くて新しいテーマである。

かつての研究は気象官署によるデータでの解析で、官署自体は日本全国に約 150 余の地点のみであった。したがって、日本地図にデータをプロットさせ、等値線で内挿すれば分布図がなめらかに描画できた。

1980 年代以降は AMeDAS の時代となり、全国に 800 地点以上の四要素地点が分布すると、今度は等値線図を記入することは難しくなった。なぜなら、分解能が細かくなると局地的に等値線が閉曲することがあり、等値線の内挿を行なう意味が薄れた。例えば、藤部（1999）の表現方法のようにドットマップでの表現が適当であるというステージとなった。これは観測点の密度によるものが大きい。

本研究第 6 章における東日本大震災後の気温分布提示については、「数字」での分布表示とするのが最適だと考えた理由ともなる。

また、データの解析手法も変化の一途をたどってきた。かつては気象官署や AMeDAS データを限定的に用い、その都度フィルタリングをしてデータ抽出をしてきた経緯がある。これはデータ量も比較的少なく、例えば、日単位のデータ量で数十日といった処理で済んでいたことによる。AMeDAS の CD-ROM が財団法人気象業務支援センター(注記 54)から有償にて配布され、しかも 10 分値の公開により分解能も上がった。また、パーソナルコンピュータの記憶媒介であるハードディスクの容量についてもこの間に等比級数的に増加し（例えば、柳・大島・伊藤 2015 など）、同時に保存コストも減ったという経緯をたどる。

そのほか、インターネットの普及も学術研究に対する変化をもたらした。かつてインターネット上の情報を学術研究に引用・使用することを言わば「タブー視」していたが、学会誌などの投稿規程が変化して文献欄に URL を掲載することができるようになったことも大きな変化であろう（例えば、伊藤 2013 など）。

このような条件下で、本研究の手法も第 1 章から第 6 章への時間的に進むにしたがい著しい変化を遂げてきた。以前であるならば、調査を行ないたいような現象が起こった日の事例を集積して解析対象としていた。しかしながら、その現象が起こっているか否かということを経験レベルで比較・検討することには限界がある。むしろ大量のデータを見て基準を決定し、本当にその現象が起こっているということを見極めたうえで解析を行なうべきであると感じてい

る。これがいわゆる「データマイニング」という概念であろう。

本論第5章のようにデータマイニング的な手法を用いると、まるで「金鉱を掘り当てる」ように、大量のデータ、すなわち「ビッグデータ」から特異な現象を見つけたり傾向を把握するということには適している(注記 55)。一方で、その現象の説明を行なうことは容易ではなくなるという点は否めない。しかしながら気象と防災を結びつけたビッグデータの収集についてはその技術革新がなされている。例えば、株式会社 NTT ドコモが提供している防災テレメータサービスが実用化されており、気象庁の AMeDAS よりも分解能が細かく、気象観測装置を設置しているのは 2500 カ所にのぼるという(小林 2013)。

教育と普及委員会(2015)によれば、気象学の分野でのビッグデータとは、一般社会で利用されているような従来では切り捨てられているような情報を掘り上げる、ということとは趣を異にするものであり、量が大きいだけのデータである、という。

さて、本論第1章では寒さと人間、そしてその疾病環境についてレビューしている。その後の研究発展でデータマイニングの手法を使用し、気象と発症との関連性を研究した報告がある(伊藤・佐藤・須藤ほか 2006)。脳梗塞の発症を 1995 ~ 1999 年における約 21 万件の名古屋市救急搬送のデータと 1 時間ごとの気象データとの分析を行なった結果、その発症は 11 ~ 3 月で多発し、日平均気温が低い冬期に多いという。これらの結果は従来から報じられている通りである。ビッグデータを活用したこの報告では、それ以外に過去 6 時間以内に相対湿度の急激な低下も発症数増加の一因子であると述べられている。これは、ビッグデータのデータマイニングによる研究進展の成果の一例であろう。

そもそも気候学では大気現象のメカニズムを科学的に説明するため、パターンや過去の事例を分類し、データを等質的な母集団にして解析を行なうことが多かった。ビッグデータの蓄積は、従来の研究手法とは対極的なものではあるものの、異なった視点による解析の方向性が導けることもあるので、現在の気候学にとっては「追い風」となっていると考えている。

本研究も前半では「古い手法」を採り、後半では「新しい手法」を採用した。第6章では常時閲覧可能な気象庁ホームページ上に掲載されている気象統計情報からデータ抽出して解析を試みた。気象庁の気象統計情報を活用した学術研究は、今後増加してくると予測される。このようにビッグデータのオープンアクセスが可能となり、研究の正当性検証が保持されていくものと予測される。

研究を進め、まとめていくうちに「寒さ」に関する研究は、気候学や気象学以外の分野からのアプローチも多いことがわかった。引用文献を辿っていくと、

当初想定された医学的分野以外に花卉・茶業を含めた農業、農村医学、生理学、消防、防災、そして広義の社会学などとも接点を持っていることを知った。

本研究の端緒から本論全体としてまとめるまでに 18 年以上の時間が経過した。前述したように、その間においてはインターネットの普及や観測機器を含む技術力のめざましい進歩があった。

筆者がその進歩すべてを実際に目にし、体験してきたことについてもここで記しておく。



## 謝 辞

本研究を進めるに際して、筆者が 1989 年に法政大学文学部地理学科入学した当初より四半世紀、25 年以上の永き亘ってご指導をいただいております  
法政大学文学部教授 佐藤典人先生に対して深く感謝いたします。

佐藤典人先生がニュージーランド国立オタゴ大学への海外留学中に、気候学ゼミを代講された日本大学文理学部地球システム科学科教授の山川修治先生（元独立行政法人農業環境技術研究所地球環境チーム主任研究官）と、主に統計学とその解析手法をご指導いただいた東京情報大学准教授（元法政大学講師）内田 治先生には、本研究を励ましていただきました。ここに感謝の念を申し上げます。

また、東日本大震災当日の仙台市内における天候、停電の状況や避難の様子について聴き取り調査に応じてくださった、仙台市立荒巻小学校の石田陽貴君と石田優芽さんには御礼申し上げます。

前杵英明先生（法政大学文学部教授）をはじめとした法政大学地理学教室の諸先生方、および気候学ゼミの諸兄には、在学中から現在に至るまで大変お世話になりました。

本研究をまとめるに際して、ご理解をいただき後押しをしてくださった現任勤務校の福生市立福生第一中学校の教職員のみなさま、第三学年をともに受け持ってきた学年主任をはじめとして 7 名の先生方に対して深く御礼申し上げます。

本研究は、1997 年に開催された気候コロキウム（筑波大学／茨城県つくば市）、東北地理学会（仙台市戦災復興記念館／宮城県仙台市）、および日本地理学会秋季学術大会（愛知大学／愛知県豊橋市）、1998 年に開催された日本農業気象学会と同学会の気候変化影響研究部会第 8 回研究会（北海道大学／北海道札幌市）、1999 年に開催された日本農業気象学会（愛媛大学農学部／愛媛県松山市）、2002 年に開催された日本地理学会春季大会（日本大学文理学部／東京都世田谷区）、2004 年に開催された東北地理学会秋季学術大会（秋田大学／秋田県秋田市）で発表された内容であります。

それらの内容を骨子に、その後の新しいデータ等を補いながら加筆・修正をして全体をまとめました。

本研究を取りまとめるに際しまして、引用した論文・資料を確認するために国立国会図書館を訪問しました。職員のみなさまと、国立国会図書館の存在についても改めて感謝いたします。

## 注 記

- 1) 冬期に低温になる理由は、地軸の傾きにより北半球の可照時間が少なくなること太陽高度が低くなることで受熱量が小さくなるためである。緯度別による可照時間の表が Lydolph (1985) に掲載されている。
- 2) 「気象統計情報」(気象庁) <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>  
(最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日)。
- 3) この美深の記録が観測された際には、目盛りが「 $-35^{\circ}\text{C}$  までだったため、観測所職員が温度計の目盛りを外挿した」というエピソードもある。
- 4) 本記事を問題点として捉えず、寒さに対処するための食物摂取量の増加の結果、このような皮下脂肪増大が必要不可欠であるとする視点もある(例えば、伊藤 1987 など)。
- 5) 第 4 章、および第 5 章では東北地方と北海道地方を併せた「東北日本」という呼称で研究を実施した。
- 6) 月最低気温を記録した地点数が全体の 6 % の日は、その地点が散在して分布しているため、本研究では扱わなかった。
- 7) 東北地方の全気象官署における 1 月の日最低気温の 30 年間の平年値は  $-3.7^{\circ}\text{C}$  であった。1995 年の 1 月の日最低気温の平均値は  $-3.5^{\circ}\text{C}$  であり、平年値との差は  $0.2^{\circ}\text{C}$  である。  
500hPa 面における 21JST の高度は、仙台で 5344 m、秋田で 5296 m であり、同様に気温も仙台で  $-30.2^{\circ}\text{C}$ 、秋田で  $-32.7^{\circ}\text{C}$  であった(1995 年 1 月の平均値)。
- 8) 850hPa 面における 21JST の相対湿度は、仙台で 75.4 %、秋田で 80.6 % であった(1995 年 1 月の平均値)。
- 9) 解析に 850hPa 面の気温を使用した理由は、地域的な特徴が明確に表現できたからである。
- 10) 有意水準 5 % で検定した結果、有意でない地点の多くは各県の内陸部に点在している。
- 11) 2009 年より北海道の支庁は、総合振興局・振興局に再編されているが、本研究中では当時の支庁区分のまま表記してある。北海道の行政改革については藤巻(2011)で指摘されている。
- 12) 現在、AMeDAS 江丹別はこの場所にはなく、江丹別中央の集落から南東部に移動されて設置されている。
- 13) エクメーネ・アネクメーネの用語については、大山(2010)に定義が説

明されている。

- 14) 土壌などの凍結・融解を厳密に議論するならば、AMeDAS による地上気温ではなく地表面温度を使用した方が望ましい。その点は別途に検討の余地がある。
- 15) 元来、降雪か降雨かの閾値は気温だけで決定できるものではなく、上空からの雪片が降下する際の物理的融解過程、あるいは相対湿度との関連性を含む融解状況が大きく関与している。
- 16) 0℃を下回る日数や気温を積算して冬期の寒さを評価する研究は、1900年代初頭から着目されていた。例えば、Angot (1914) はパリの日最低気温を積算している。
- 17) ここで想定される事項には、例えば、藤井 編 (1983) や Cornford and Thornes (1996) で示されるような路面凍結、河川結氷 (山下 1998)、消火栓や消防水利の凍結 (平賀 1994) などがある。
- 18) 東北日本という地域は、青山 (1986)、および青山 (1987) での研究では北関東、新潟県を含めた東北地方と北海道地方としている。
- 19) 気象庁 編 (2001) によると北海道などの多雪地では積雪の影響を考慮して、暖候期に標準の高さとされる 1.5 m のところに設置された感温部は、寒候期に 3 ~ 4 m まで上げて観測されている。
- 20) AMeDAS は現在に至るまで地点数の増減がある。
- 21) 1978 年以前の AMeDAS は設置展開中の段階で、地点数が毎年のように増加しており解析に適當ではないと判断した。
- 22) AMeDAS 観測の分解能は 0.1℃間隔であるので、この研究での 0℃未満とは、- 0.1℃以下のことを言う。また 0℃以上 3℃未満とは同じく 0.0℃ ~ 2.9℃まで、3℃以上とは 3.0℃を含めてそれよりも高温の観測値とそれぞれ定義した。
- 23) 気象官署で観測された AMeDAS データは、都市気候の観点から問題もあるが、保守点検が行き届いており欠測が比較的少ないのでその長所を優先して使用した。
- 24) この研究では「ひと冬」(1冬期)のデータを母集団とし、その順位を使用して並年を決定した。順位は、母集団の大きさやデータの範囲に影響されることなく与えられるので、一般に用いられる平年値からの評価とは性格が異なる。
- 25) この頻度分布を作成するためのデータには、母集団が大きいため欠測処理を実施していない。

- 26) Fujibe (2001) においても気温出現頻度を統計的に分析しており、降水時に限定しても鋭い極大が  $0.3^{\circ}\text{C}$  にみられる。
- 27) Sameshima, Hirota and Hamasaki et.al. (2007) によれば、昨今の温暖化について北海道地方の観測地点に言及するならば、都市化の影響は大きくない、と報告されている。
- 28) そのうち、閏年 6 ヶ年の 1 冬期総時間数は 2928 時間となる。
- 29)  $f(> 3^{\circ}\text{C})$  の算出方法に関して、5 %未満の欠測値を含むことを許可しているので、便宜上  $100(\%) - (f(< 0^{\circ}\text{C}) + f(0 \sim 3^{\circ}\text{C}))$  とした。
- 30) トリリニアダイヤグラムは、ヘキサダイヤグラムと同様に地理学における水文学分野で水質の構成を表現する際に用いられる。このトリリニアダイヤグラムを利用した研究として、例えば、宮原・木下 (2014) などがある。
- 31) Tsuchiya and Numayama (2012) によれば、1950 年におけるデータと 2000 年におけるデータで気候区分を実施した場合、後者では北海道では細分化されているという結果もある。
- 32) 本章では、暖冬年は少雪傾向になるような論点で説明した。一方において例えば、Takahashi, Ishizaki and Kawase et.al. (2013) によると、海面水温上昇による冬の降水量が増加するというモデル研究も存在する。本件に関しては、今後精査の必要性を感じる。
- 33) 例えば、櫃間 (1998) のように、気象官署のデータを利用して最高気温の出現時刻を 1 時間よりも細かく表現した報告例は存在する。また、小気候観測で利用される自記温度計などによって、連続的な気温変化を把握することは従来より行なわれている。
- 34) 本研究の解析対象年次の AMeDAS 地点数を意味しており、その後の地点数の増減は考慮されていない。また、空港併設の観測データは含まれていない。
- 35) 日の出時刻は、地点と日付が同じであれば毎年ほとんど変わらない (長沢 1999)。かつて理科年表には、国内代表地点の計算値が掲載されていたが、本研究では海上保安庁のホームページ上で公開されている「日月出没時刻方位サービス [http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KOHO/automail/sun\\_form3.html](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KOHO/automail/sun_form3.html)」(最終閲覧日: 2015 年 8 月 31 日) によって上記の計算値を補った。それらによると稚内の 1 月 1 日の日の出時刻は 07:13JST、2 月 28 日の日の出時刻は 06:14JST で 59 分の差がある。一方新潟では 42 分の差となっており高緯度になるほど時間差が大きくなる。

- 36) 3月31日の日の出時刻は、稚内で 05:16JST、新潟で 05:31JST である。1月1日との差は、稚内で1時間57分、新潟で1時間28分となる。
- 37) Maejima (1962) によると、日最低気温の5日平均値で最も低い値をとる時期は1月下旬である。同様に倉嶋 (1966) による日平均気温 0℃以下の日も、1月下旬に記録されている。したがって、1月下旬を中心に前後1ヶ月が厳冬期になると判断したことも、1月と2月を解析対象月と定めた理由となる。
- 38) 観測の開始・終了、および地点移動にともない、母集団が少ない地点は次の4地点である。江別 (2000年まで)、森 (2002年まで)、奥尻<sup>おくしり</sup> (2000年1月より)、寺泊<sup>てらどまり</sup> (2001年まで) である。これらの地点も他の地点と同様に解析対象日として71日分のデータを使用している。ただし、上川支庁の忠別<sup>ちゅうべつ</sup>は旧地点名の志比内<sup>しひない</sup>と名称変更されているが、同じ地点であるので忠別として解析に含めている。
- 39) 欠測があった日のデータも含めて解析を行なった。欠測が全くない地点は274地点で、欠測が1回でもあった地点は58地点であった。欠測数が最大の24回の地点であっても、欠測率は1.127%になるので、解析には大きな影響がないものと判断した。
- 40) 近藤・山沢 (1983) によると一晩中快晴が持続する日数は20%であると指摘されているが、この数値は日本海側と太平洋側では異なる。快晴確率が小さい地点は、秋田 (6%) や札幌 (12%) であり、快晴確率が大きい地点は仙台 (41%) と根室 (37%) となっている。本研究では、この数値を参考として全地点とも日最低気温の低い順から一律に20%までの日のデータを解析に使用した。
- 41) Fujibe (2010) によれば、日本における気温のトレンドは土曜と日曜に低温になりやすいと報じられている。
- 42) 各地点において日最低気温の最も低い日の起日を検討した。解析対象地域内で30地点以上同時に記録された日は2000年1月27日、2001年1月15日、1999年2月4日で、いずれの日も冬型の気圧配置となっていた。
- 43) AMeDAS に備え付けられている温度計センサーの分解能は0.1℃であるが、その測定誤差は±0.25℃ある (鈴木 1996)。他方、多雪地の AMeDAS の感温部はその高さを調節している。脚注においても前述したように、気象庁 編 (2001) によれば、冬期に感温部をとくに高くしている地点は、空知支庁管内の朱鞠内<sup>しゅまりない</sup>、幌加内、石狩沼田などである。これらの地点の感温部は最大で地上4.0mとなる。冬期間は積雪の状況が刻々と変化するので、無積

雪であれば通常より高い位置の気温を観測していることとなり、このような誤差も存在することを念頭に置く必要がある。

- 44) AMeDAS による 5 回の観測分に相当する。
- 45) コレスポネンス分析と数量化理論Ⅲ類の差異は、分析しようとするデータにある。特に後者が 1 あるいは 0 のようなダミー変数行列に限定される点である（朝野 2000）。
- 46) 気候値の統計解析には、気温の連続値などの量的データを解析するために主成分分析を使うことが多い。しかしながら本研究では、気温の計測値そのものではなく、出現頻度（回数）をデータとしているので、主成分分析の使用は適当ではない。
- 47) 数量化Ⅲ類の基本方程式は以下に示される（大野 1997）。

$$r = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j Z_{ij} x_i y_j$$
$$Z_{ij} = \begin{cases} 1 : \text{サンプル } j \text{ がカテゴリー } i \text{ に反応した時} \\ 0 : \text{〃 〃 〃 しない時} \end{cases}$$

$N$  : 総反応数

このほか岩坪（1987）にも方程式の解法が示されている。また、コレスポネンス分析においてのスコアの具体的な計算方法については、高橋（2005）に紹介されている。

- 48) スコア散布図は、<sup>ふちず</sup>布置図とも呼ばれている。
- 49) 大手国産自動車メーカーの低温試験場（テストコース）が士別市と陸別町にある（士別市史編纂室 編 1989；陸別町役場広報広聴町史編さん室 編 1994）。これらの試験場近傍の AMeDAS 地点は、本研究の結果Ⅱ型、およびⅢ型の地域に存在していた。
- 50) 生徒・児童の証言に対しての研究は、例えば、田中（2006）があり、インタビューの手法によっては、幼少期の子供ほどの確な証言を得られない場合があると言う。しかしながら、本事例は未曾有の大震災ということで、あえて児童・生徒の証言を信憑性を信じて調査に採用している。
- 51) 気候図の例として、福井ほか 編（1985）の刊行物がある。そのほか、気象庁のホームページでも気候図を閲覧することができる。
- 52) 札幌市避難場所基本計画の概要（札幌市危機管理対策室）  
<http://www.city.sapporo.jp/kitaku/machi/machikyou/documents/kihonkeikakugaiyou.pdf>  
（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

- 53) 総務省ホームページ：市町村数の推移表（詳細版） 平成 26 年 4 月 5 日版による。[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000283329.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000283329.pdf)（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）
- 54) 当センターは現在、一般財団法人となっている。
- 55) 気象予報会社の中には、「サポーター」と称して天気予報番組の視聴者が、現在の天気を投稿するようなシステムを開発している（例えば、日経 BP 社編 2015）。今後そのような動きも一般化していくものと、筆者は感じている。

## 【参 考 文 献】

(和文文献は著者50音順・公表年次順／

欧文文献は著者アルファベット順で和文末尾に掲載)

- 青野靖之・佐藤和美 (1996) : 休眠解除過程を考慮した西日本におけるウメの開花日の推定. 農業気象, 52(2), 125-134.
- 青山高義 (1986) : 東北日本の暖かさの指数・寒さの指数について. 地理学評論, 59(10), 625-627.
- 青山高義 (1987) : 東北日本の気候水文水収支について. 地学雑誌, 96(1), 64-71.
- 朝倉 正 (1969) : 日本の天気と大気大循環. 「現代気候学論説 (関口 武編)」, 東京堂出版, pp.99-115.
- 朝野熙彦 (2000) : 「入門多変量解析の実際 第2版」. 講談社, 199p.
- 荒井良隆 (2009) : 露点温度の計測. 計測技術 最新の計測制御機器 2009, 37(2) (通号 485) (増刊), 91 ~ 94.
- 五十嵐英夫 (2001) : 資料 東京における「日の出・日の入り」時刻グラフ. 国際学院埼玉短期大学研究紀要, 通巻 22, 135-138.
- 池田 学・渡邊幸男・牛山素行 (2000) : 解説シリーズ「水文・水資源観測最前線」気象庁における地域気象観測(1)ー AMeDAS の展開までー. 水文・水資源学会誌, 13(4), 313-319.
- 石城謙吉・福田正己 編 (1994) : 「北海道・自然のなりたち」. 北海道図書刊行会, 207p.
- 石坂雅昭 (1996) : 日本の冬の気候と積雪の地域性. 雪氷, 58(4), 329-338.
- 伊藤真次 (1987) : 「適応のしくみ：寒さの生理学」. 北海道大学図書刊行会, 247p.
- 伊藤 驍 (2012) : 地球温暖化と豪雪災害. 日本雪工学会誌, 28(1), 1-2.
- 伊藤博文 (2013) : 学術リソースとしての Web サイト引用方法について. 愛知大学情報メディアセンター紀要 com, 23(1)(通巻 38), 13-23.
- 伊藤庸一郎・佐藤省三・須藤千春ほか (2006) : データマイニング手法を用いた気象と発症の関係の定量化法の検討. 人間と生活環境, 13(1), 19-27.
- 岩崎信彦ほか 編 (1999) : 「避難生活の社会学」(阪神・淡路大震災の社会学 : 第2巻). 昭和堂, 388p.
- 岩坪秀一 (1987) : 「統計ライブラリー 数量化法の基礎」. 朝倉書店, 254p.
- 上野能明・佐藤典人・山本玲子 (2008) : 初冬の日本海斜面における降水形態の地域性. 法政地理, 通巻 40, 59-66.



- 内島立郎・石黒忠之（1974）：北海道における農業気候指標の地理的分布に関する研究（1）作物収量年次変動の地域性と気温条件との関係．農業気象，30(3)，123-129.
- 内田 治（1997）：「すぐわかる EXCEL によるアンケートの調査・集計・解析」．東京図書，228p.
- 内田 治（2006）：「すぐわかる SPSS によるアンケートのコレスポネンセス分析」．東京図書，208p
- 遠藤真広（2013）：シーズ研究とニーズ研究．医学物理，32(4)，213-218.
- 遠藤八十二（1999）：「十八年ごとにやってくる？ ドカ雪」．社団法人日本林業技術協会 編：森林の環境 100 不思議．東京書籍，pp.102-103.
- 大野高裕（1997）：「多変量解析活用のコツー数量化理論Ⅲ類(2)」．企業診断，44(2)，88-91.
- 大村 平（1983）：「評価と数量化のはなし：科学的評価へのアプローチ」．日科技連出版社，247p.
- 大山修一（2010）：『エクメーネ研究』創刊の辞．エクメーネ研究=Ökumene research，環境地理学研究会 編，1，1-2.
- 大和田道雄・鈴木由美子（1979）：北海道における最低気温の総観気候学的研究．愛知教育大学地理学報告，通巻 44，12-16.
- 柏原辰吉・大川 隆（1967）：北海道における夏季気温の総観的研究．気象庁研究時報／気象庁 編，19(5)，235-254.
- 加藤孝明（2012）：メガシティ東京の災害リスクと防災都市づくり．建築雑誌，127（通巻 1638），30-33.
- 加藤央之（1983）：日照時間・日平均気温の変動形態から見た北海道の地域特性．地理学評論，56(1)，1-16.
- 加藤正通（1982）：東北地方における気温分布予測．気象庁研究時報／気象庁 編，34(4)，185-199.
- 上村靖司（2015）：展開が進む雪氷冷熱エネルギー．環境技術 特集 地産地消の再生可能エネルギー：小水力を中心に，44(6)，328-333.
- 榎根 勇（1960）：東京とその周辺地域における日最低気温分布の都市気候学的考察－1－．地理学評論，33(11)，564-572.
- 河村 武（1964）：日本における冬の天候分布の総観気候学的解析．地理学評論，37(2)，10-24.
- 気象庁 編（1962）：「日本気候表第 6－最近 30 年間の極値および順位（1931～1960）－」．気象庁，421p.

- 気象庁 編 (2001) : 地域気象観測所一覧表 (平成 13 年版). 財団法人気象業務支援センター. 125p.
- 気象庁 編 (2011) : 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 : 災害時地震・津波速報. 224p.
- 菊地勝弘・酒井 昭・福田正己 (1994) : 北海道の中の極地－幌加内と陸別－. 「日本の自然 (小疇 尚ほか 編), 岩波書店, pp.73-84.
- 菊地 立 (1995) : 厳冬の里かけ巡り. 季刊地理学, 47(2), 144-147.
- 北村 修 (1995) : 「1994 (平成 6) 年の日本の天候の特徴」. 農業気象, 51(2), 159-165.
- 木下瑞穂・高部眞由美・広田すみれ (2015) : 首都圏のテレビ放送局のブランドポジショニング－コレスポンド分析による知覚マップの作成－. 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル. 通巻 16 号, 58-66.
- 木村賢人・辻 修・宗岡寿美ほか (2007) : 北海道の冬期の気温の変動傾向. 農業農村工学会北海道支部研究発表会講演集／農業農村工学会北海道支部編, 62(2013 年 10 月 18 日), 6-11.
- 教育と普及委員会 (2015) : 2015 年度公開気象講演会「気象情報のビッグデータ時代の幕開け」実施報告. 天気, 62(10), 923-925.
- 國井幸次 (1934) : 北海道根雪期間及平均気温氷点以下の期間と高さの関係. 気象集誌第 2 輯, 12, 253-257.
- 久保達彦・朝日茂樹・木田和幸ほか (2005) : 秋田県北秋田郡鷹巣町における脳卒中発症と気温および時間的要素との関係について. 秋田県農村医学会雑誌, 50(2), 8-14.
- 日下部正雄 (1962) : 北海道の積算寒度. 雪氷, 24(6), 185-188.
- 日下部正雄 (1963) : 北海道の屋外労働に適する時間. 農業気象, 19(1), 22-24.
- 倉嶋 厚 (1966) : 「日本の気候」. 古今書院, 253p.
- 黒瀬義孝・長田健二・大場和彦ほか (1999) : 数値地図 50m メッシュを用いたポテンシャルな日射量分布の推定. 農業気象, 55(4), 315-322.
- 小島忠三郎 (1973) : 主成分分析による東北地方の詳細な気候区分. 農業気象, 29(3), 165-172.
- 小林尚治 (1979) : 最低気温のふるさと旭川・母子里. 気象, 23(1), 6-9.
- 小林秀雄 (2013) : M2M / ビッグデータビジネス事例 気象データを防災に活用. テレコミュニケーション : 特集 M2M / ビッグデータで生まれる新ビジネス. 30(3), 16-19.
- 小林善博 (1971) : 東北地方における気温の地理的因子について. 気象庁研究

- 時報／気象庁 編, 23(8), 329-338.
- 駒澤 勉 (2002) : パソコン数量化分析－数量化第Ⅲ類－. ESTRELA, 通巻 105, 60-68.
- 駒林 誠 (1986) : 積雪地域の気候. 土木学会誌, 71(2), 2-5.
- 近藤昭彦・鈴木力英 (2005) : ユーラシア大陸北部の積雪域マッピングと積雪域の年々変動. 水文・水資源学会誌, 18(6), 695-702.
- 近藤純正・山沢弘実 (1983) : 夜間の地表面放射冷却と積雪および日本各地の最低気温の極値について. 天気, 30(6), 295-302.
- 近藤純正 (1987) : 「身近な気象の科学－熱エネルギーの流れ」. 東大出版会, 189p.
- 酒井 昭 (1982) : 「植物の耐凍性と寒冷適応－冬の生理・生態学－」. 学会出版センター, 469p.
- 佐々倉航三 (1948) : 気温の日変化に於ける極値の起時に就いて－日本地理学会昭和 23 年度学術大会講演要旨. 21(9 ～ 11), 55 (国立国会図書館蔵書のマイクロフィルム).
- 定村 努 (1996) : 地上気象観測システム. 気象研究ノート, 通巻 185, 135-144.
- 札幌管区气象台 (1953) : 「北海道の気候」. 札幌管区气象台, 395p.
- 札幌管区气象台 (1973) : 「改訂版 北海道の気候」. 札幌管区气象台, 283p.
- 佐藤典人・浅見邦彦 (1988) : 東北地方における日最低気温分布について. 法政大学地理学集報. 通巻 15, 1-13.
- 佐藤典人・加藤美雄・塩谷恭正ほか (2008) : 岩手県藪川地域の低温に関する小気候学的研究. 法政地理, 通巻 40, 21-36.
- 佐藤典人・金澤信弘 (1982) : 北海道における冬期の日最低気温分布について. 「環境科学の諸断面－三井嘉都夫教授還暦記念論文集」. 土木工学社. pp.96-105.
- 産経新聞 (2006) : 2006 年 12 月 22 日付記事.
- 時事通信社 (2009) : JA Now 品質日本一の江丹別産 そば業界と組んで安定供給－あさひかわ農業協同組合. 農林経済, 2009 年 2 月 5 日号(通巻 10006), 10-11.
- 士別市史編纂室 編 (1989) : 「新士別市史」. 士別市, 1271p.
- 志村 喬 (2015) : 自然現象の災害化プロセスを重視した災害・防災・減災学習. 社会科教育, 52(10)(通巻 678), 16-17.
- ジャパンメディカルソサエティ JMS 編集部 編 (2005) : JMS Note 新潟県中越地震で発症の危険性 いわゆるエコノミークラス症候群の予防対策 : 日本

- 宇宙航空環境医学会から緊急提言. JMS : Japan medical society, 通巻 101, 72-74.
- 徐 軍・星 秋夫・ト部貴夫 (2004) : 入院患者を対象とした脳卒中罹患と気象要素との関連. 日本生気象学会雑誌, 40 (特集号), 261-271.
- 水津重雄 (2001) : 簡易熱収支法による融雪・積雪水量モデル. 雪氷, 63(3), 307-318.
- 菅原正信 (1956) : オホーツク海高気圧と北海道北西部の天気との関係について. 気象庁研究時報／気象庁 編, 17(12), 770-782.
- 菅原正信 (1967) : オホーツク海高気圧出現中の低温について. 気象庁研究時報／気象庁 編, 19(2), 96-103.
- 杉中誠一 (1963) : 北海道における最近の冬の高温・低温について. 気象庁研究時報／気象庁 編, 15(12), 837-842.
- 杉中誠一 (1965) : オホーツク海高気圧の統計的調査. 気象庁研究時報／気象庁 編, 17, 628-640.
- 鈴木宣直・小倉英二・阿部寛 ほか (1988) : 館野における明け方の最低気温出現時刻と放射収支量の変化. 高層気象台彙報, 通巻 48, 6-10.
- 鈴木宣直 (1996) : 温度計. 気象測器－地上気象観測篇. 気象研究ノート, 通巻 185, 13-24.
- 瀬尾 隆 (2009) : 統計データ解析の基礎と正規分布. 理大科学フォーラム 特集 高校数学の先にあるもの, 26(11) (通号 305), 22-27.
- 鈴木正人 (2008) : わが国における気温と降水量の極値の出現状況. 岐阜工業高等専門学校紀要, 通巻 43, 71-76.
- 角野迪夫 (1961) : 宮城県の最低気温分布の推定について. 天気, 8(7), 226-230.
- 仙台管区気象台 (1951) : 「東北地方の気候」. 仙台管区気象台 編輯, 381p (国立国会図書館所蔵のマイクロフィルム).
- 仙台管区気象台 (1991) : 「東北地方のメッシュ気候値による気候図表 (解説資料第 18 号)」. 仙台管区気象台, 227p.
- 大後美保 (1945) : 「日本作物気象の研究」. 朝倉書店, 655p.
- 高橋幸市・政木みき (2012) : 東日本大震災で日本人はどう変わったか : 「防災・エネルギー・生活に関する世論調査」から. 放送研究と調査／NHK 放送文化研究所 編 (NHK 出版), 62(6) (通巻 733), 34-55.
- 高橋 信／オーム社開発局企画 編集 (2005) : 「Excel で学ぶコレスポンデンス分析」. オーム社, 212p.
- 田中晶子 (2006) : 子どもの証言の信憑性－事前情報としての知識と尋問方法

- の影響について. 四天王寺国際仏教大学紀要, 通巻 43, 49-62.
- 田淵 洋(1970): 東日本の積算寒度. 気候学研究(法政大学 巻号なし), 30-32.
- 田村盛彰(1990): 長岡における気温と降水種出現頻度・降雪量の関係について. 雪氷, 52(4), 251-257.
- 千島昭司(1966): 北海道北東部の天気とオホーツク海高気圧との関係について. 気象庁研究時報／気象庁 編, 17(5), 336-345.
- 千葉 晃(1997): 東北地方における 1 月の最低気温と地理的因子との対応. 法政大学大学院地理研究, 通巻 4, 15-20.
- 千葉 晃(1999): 東北地方における 1 月の月最低気温とその総観場. 東北の農業気象(日本農業気象学会東北支部会誌), 通巻 43, 1-8.
- 千葉 晃(2000): 北海道に冬期・夏期の最低気温極値をもたらす総観場の特徴. 農業気象, 56(2), 111-121.
- 千葉 晃(2002): 冬季の東北日本における 0℃および 3℃を閾値とした気温の出現率. 季刊地理学, 54(4), 220-235.
- 千葉 晃(2006): 北海道・東北地方における冬期の早朝に最低気温が記録される時刻の地理的分布. 地学雑誌, 115(2), 193-207.
- 千葉 修・小林文明・金田昌樹(2012): 東日本大震災時の気象: 主として仙台平野の場合. 黒潮圏科学, 5(2), 169-174.
- 千葉徳爾・靱山政子(1979): 「風土論・生気候」. 朝倉書店, 135p.
- 帝国書院編集部 編(2011): 「中学校社会科地図」. 帝国書院, 164p.
- 東京都総務局総合防災部防災管理課 編(2015): 「東京防災」. 東京都総務局総合防災部防災管理課発行, 324p.
- 富岡定男(1965): 日平均気温の統計値について一度数分布よりの考察. 気象庁研究時報／気象庁 編, 17(1), 39-41.
- 豊田秀樹・齋藤 朗宏(2005): 職場の心理学(117) データから金脈を探す心理統計学講座(17) コレスポンデンス分析「就職先と大学」二者の関係性を可視化する法. プレジデント, 43(5), 112-114.
- 中井 専人(2015): "多雪指数"を用いた全国の多雪・少雪の年々変動と分布. 天気, 62(3), 187-199.
- 中沢全一・能登正之(1971): 判別解析による降水形態の予測. 気象庁研究時報／気象庁 編, 23(3), 79-86.
- 長沢 工(1999): 「日の出・日の入りの計算: 天体の出没時刻の求め方」. 地人書館, 160p.
- 中島 尚(1999): 情報の広場・札幌における日最高(最低)気温の日界につ

- いて. 天気, 46(5), 351-353.
- 中島正愛 (2015): レジリエントな社会に向けて: 防災・減災研究のこれから  
(創立 50 周年記念講演会 抄録「シーズ&ニーズ マッチング」). GBRC :  
General Building Research Corporation, 40(1)(通巻 159), 15-24.
- 西山 宏 (1985): 館野における最低気温と放射収支について. 高層気象台彙  
報, 通巻 45, 6-10.
- 日経 BP 社 編 (2015): 企業研究(Vol.41)ウェザーニューズ気象情報サービス  
地球丸ごとセンサー化. 日経ビジネス, 通巻 1783(2015 年 3 月 16 日号),  
98-102.
- 日本専門図書出版株式会社 (監修) (2011): 「日本の自然災害: 東日本大震災  
襲来: 津波による原発事故も収録: 写真集」. 日本専門図書出版, 533p.
- 日本農業気象学会 編 (1994): 「平成の大凶作」. 農林統計協会, 234p.
- 野口泰生 (1994): 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響. 天気,  
41(3), 123-135.
- 長谷川兼一 (2012): 積雪寒冷地のヒートショック問題. 日本雪工学会誌, 28  
(1), 27.
- 濱田靖弘・川口直人 (2015): 新千歳空港雪冷熱供給システムの概要と運転実  
績. 冷凍 創立 90 周年記念特集 冷凍空調研究: 北から南から: 空調, 90(通  
巻 1055), 677-680.
- 櫃間道夫 (1998): 夏の東京の日最高気温は 13 時台に出る. 日本気象学会 1998  
年春季大会講演予稿集, 73, 188.
- 平賀俊哉 (1994): 消火栓の凍結防止工法に関する研究. 消防研究所報告, 通  
巻 78, 77-85.
- 平野淳平・大羽辰矢・森島 済ほか (2012): 山形県川西町における古日記天  
候記録にもとづく 1830 年代以降の冬季気温の復元. 地理学評論, 85(3),  
275-286.
- 深石一夫 (1971): 北海道における酷寒指数の分布. 水温の研究, 15(1), 26-31.
- 福井英一郎 (1938): 「気候学」. 古今書院, 566p.
- 福井英一郎ほか 編 (1985): 「日本・世界の気候図」. 東京堂出版, 163p.
- 福田正己・武田一夫 (1975): 北海道における昭和 49 ~ 50 年冬の積算寒度値  
の分布. 低温科学 物理編/北海道大学低温科学研究所 編, 33 (資料集),  
85-91.
- 福永龍繁 (2012): 監察医からみた暑さ寒さとヒトの死因. 日本生気象学会誌

- (特別号 巻号なし), 45-47.
- 藤井達也 編 (1983):「除雪. 道路の維持修繕と防災」. 山海堂, 316p.
- 藤部文昭 (1997): 都市気象官署における気温極値の経年変化. 天気, 44(2), 101-112.
- 藤部文昭 (1999): 日最低・日最高気温の統計値における日界変更の影響. 天気, 46(12), 819-830.
- 藤部文昭・中鉢幸悦 (2003): 10 分ごとの資料を使った場合と毎時資料だけを使った場合とのひと雨期間最大 1 時間降水量の比較. 天気, 50(4), 243-247.
- 藤部文昭 (2004): 日本における近年の著しい夏季高温の発生状況. 地理学評論, 77(3), 119-132.
- 藤巻秀夫 (2011): 4 月 北海道庁, 支庁制度を「廃止」. 札幌大学総合研究, 通巻 2, 277-282.
- 北海道新聞社 編 (1990):「北の気象」, 北海道新聞社. 269p.
- 北海道農業改良普及協会 (2014): 江丹別から世界へ誇れるブルーチーズを届けたい: 旭川市江丹別 (有) 伊勢ファーム. 農家の友, 66(7), 4-6.
- 本條 均 (2007): 気候温暖化が落葉果樹の休眠、開花現象に及ぼす影響. 園芸学研究, 6(1), 1-5.
- 前島郁雄・山添 謙 (1996): Climatic Year 法によるわが国の気候変動の表現. 地理誌叢 (日本大学地理学会), 38(1), 21-35.
- 真木宏一・久保征二 (1981): 盛夏期における平年の気温変化の地域特性について. 気象庁研究時報／気象庁 編, 33(11・12), 283-292.
- 真木太一ほか 編 (1991):「農業気象災害と対策」. 養賢堂, 345p.
- 松尾喜義・荒木琢也・岡本 毅 (2010): 2010 年 3 月 30 日静岡県牧之原台地周辺における凍霜害時の茶株面気温と典型的被害事例. 茶業研究報告, 65-73.
- 松尾敬世 (2001): 雨と雪をわけるもの. 天気, 48(1), 33-36.
- 松川 努・宮本文穂・中村 秀明 (2009): 気象統計情報を活用した地方都市での下水管内の気温と湿度に関する推定手法の提案. 下水道協会誌, 46(3), 103-112.
- 松木明知 (2008): 八甲田雪中行軍遭難事件の医学的研究－「歩兵第五聯隊雪中遭難ニ関スル衛生調査報告」に見られる凍死者と生存者. 日本医史学雑誌, 54(3), 215-230.
- 丸山泰明 (2010):「凍える帝国: 八甲田山雪中行軍遭難事件の民俗誌」. 青弓社, pp.39.
- 宮澤清治 (1993):「天気図と気象の本」. 国際地学協会, 167p.

- 宮原裕一・木下悠史（2014）：長野県諏訪地域における地下水の水質．信州大学環境科学年報，通巻 36，16-28.
- 三輪健治（1963）：十勝地方の冬の気温について．天気，10(11)，381-384.
- 村越信夫（1957）：北海道冷害の実相とこれが対策．農業気象，13(2)，79-80.
- 松村哲郎（1996）：厳寒に耐えて彩り豊かな大地（上）．気象，40，10-14.
- 村山祐司（1988）：地理学における多変量解析－ 7 －数量化理論－質的データを数量化する．地理，33(4)，136-144.
- 最上龍之介・橋本雄一（2015）：積雪寒冷地における保育園の津波集団避難－北海道釧路市における認可保育園を事例に－：地理学評論，88(6)，571-590.
- 元木 靖（1999）：東北日本における水稻主力品種の交替．季刊地理学，51(3)，161-178.
- 森 健 編（2011）：「つなみ：被災地のこども 80 人の作文集」．文藝春秋，89(8)(臨増)，169p.
- 森本栄一（1997）：数量化理論の形成．科学史研究（第 2 期）／日本科学史学会 編（岩波書店 発売），36(通巻 202)，85-95.
- 安成哲三（2002）：日本から雪がなくなる日？．気候影響・利用研究会会報，通巻 20，3.
- 安成哲三 編（1997）：はじめに（1993 年／94 年夏の異常気象の解明）．気象研究ノート，通巻 189，pp.i.
- 柳 茂知・大島成夫・伊藤 淳（2015）：ストレージプロダクツの技術動向と東芝の取組み．特集 ビッグデータ社会を支えるストレージプロダクツ．東芝レビュー．70(8)(通巻 794)，2-8.
- 山川修治（1988）：東アジアにおける卓越気圧配置型の季節推移からみた近年の気候変動．地理学評論，61(5)，381-403.
- 山岸米二郎（1992）：降水予想技術の現状．水文・水資源学会誌，5(4)，46-52.
- 山口訓史・後藤丹十郎・小日置佳世子ほか（2014）：最低気温がシュッコンカスミソウ'アルタイル'の形態異常花序発生および切り花形質に及ぼす影響．園芸学研究，13(2)，161-167.
- 山下彰司（1998）：「寒冷地河川の結氷特性」．水文・水資源学会編集出版委員会 編．積雪寒冷地の水文・水資源（信山社サイテック発売），pp.73-78.
- 吉野正敏ほか 編（1985）：「気候学・気象学辞典」．二宮書店，742p.
- 読売新聞（2015）：2015 年 9 月 24 日付夕刊記事．
- 陸別町役場広報広聴町史編さん室 編（1994）：陸別町史 別巻．陸別町，379,67p.



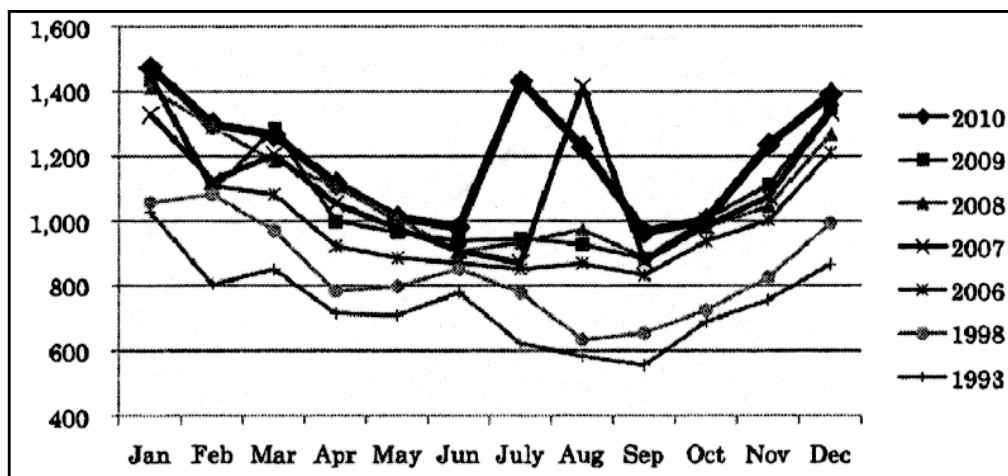
- 脇阪義和 (1986) : 若狭湾周辺地域における冬期降水分布の時間的变化特性.  
 地理学評論, 59(10), 606-624.
- Ageta, Y. and Higuchi, K. (1984) : Estimation of mass balance components of a summer-accumulation type glacier in the Nepal Himalaya. *Geografiska Annaler*, 66A, 249-255.
- Angot, A. (1914) : On a method for classifying winters. *Mon.Wea.Rev.*, 42, 625.
- Cornford, D. and Thornes, J. E. (1996) : A comparison between spatial winter indices and expenditure on winter road maintenance in Scotland. *Int. Jour. Clim.*, 16, 339-357.
- Fujibe, F. (2001) : On the Near-0 °C Frequency maximum in surface air temperature under precipitation : A statistical evidence for the melting effect. *Jour.Meteor.Soc.Japan Ser.II*, 79(3), 731-739.
- Fujibe, F. (2010) : Day-of-the-week variations of urban temperature and their long-term trends in Japan. *Theor. Appl.Clim.*, 102(3), 393-401.
- Kawashima, S., Ishida, T. and Minomura, M. et.al. (2000) : Relations between Surface Temperature and Air Temperature on a Local Scale during Winter Nights. *Jour. Appl. Meteor.*, 39, 1570-1579.
- Koide, H. and Kodera, K. (1999) : A SVD Analysis between the Winter NH 500-hPa Height and Surface Temperature Fields. *Jour.Meteor. Soc. Japan Ser.II*, 77(1), 47-61.
- Konno, S., Nakano, T. and Takahashi, H. (2013) : Temporal and spatial variability of nocturnal cooling in a complex of small valleys in the Kanto Plain during the winter. *Jour.Agric.Meteor.*, 69(3), 191-200.
- Lydolph, P. E. (1985) : 「Weather and Climate」. *Rowan & Allanheld*, 216p.
- Maejima, I. (1962) : Natural seasons and weather singularities in Japan.*Geogr. Rept.*, *Tokyo Metropolitan University*. 2, 77-103.
- Matsuo, T. and Sasyo, Y. (1981) : Non-melting phenomena of snowflakes observed on subsaturated air below freezing level. *Jour.Meteor.Soc.Japan*, 59(1), 26-32.
- Mori, K. and Sato, T. (2014) : Spatio-temporal variation of high-temperature events in Hokkaido, north Japan. *Jour.Meteor.Soc.Japan*, 92(4), 327-346.
- Okada, T. (1931) : 「The Climate of Japan」. *Central Meteorological Observatory*. 328p.
- Sameshima, R., Hirota, T. and Hamasaki, T. et.al. (2007) : Temperature trends at the National agricultural research center for Hokkaido region in the 40 years from

- 1966 to 2005. *Jour.Agric.Meteor.*, 63(2), 95-102.
- Shitara, H. (1966) : A climatological analysis of the weather distribution in Tohoku district in winter. *Science Reports of the Tohoku Univ.*, 7th Series, 15, 35-54.
- Shitara, H. (1969) : On winter-days and ice-days in Japan. *Science Reports of the Tohoku Univ.*, 7th Series, 19, 1-16.
- Smith, Keith. (2013) 「Environmental hazards : assessing risk and reducing disaster / Sixth edition」. *Abingdon, Oxon ; New York : Routledge*, 478p.
- Takahashi, G. H., Ishizaki, N. N., and Kawase, H. et.al. (2013) : Potential impact of sea surface temperature on winter precipitation over the Japan Sea side of Japan : A regional climate modeling study. *Jour.Meteor.Soc.Japan*, 91(4), 471-488.
- Tsuchiya, M. and Numayama, S. (2012) : Classification of Japan's climate in view of global warming. 前橋工科大学研究紀要／前橋工科大学 編, 通巻 15, 17-28.
- Whiteman, C. D. (2000) : 「Mountain Meteorology」. *Oxford University Press*, 355p.

以上

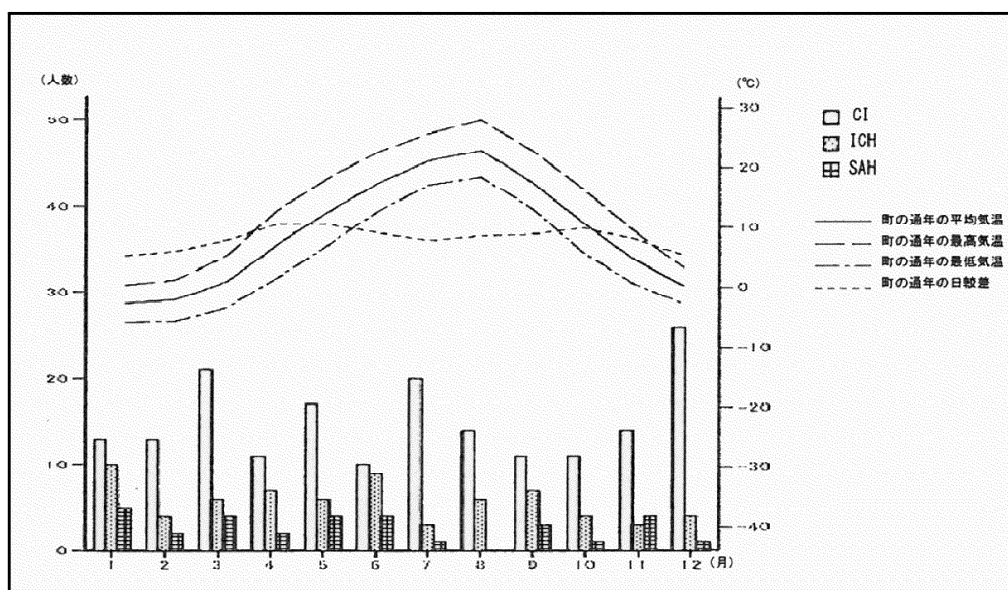
# 添付図

【第 1 図～第 105 図】



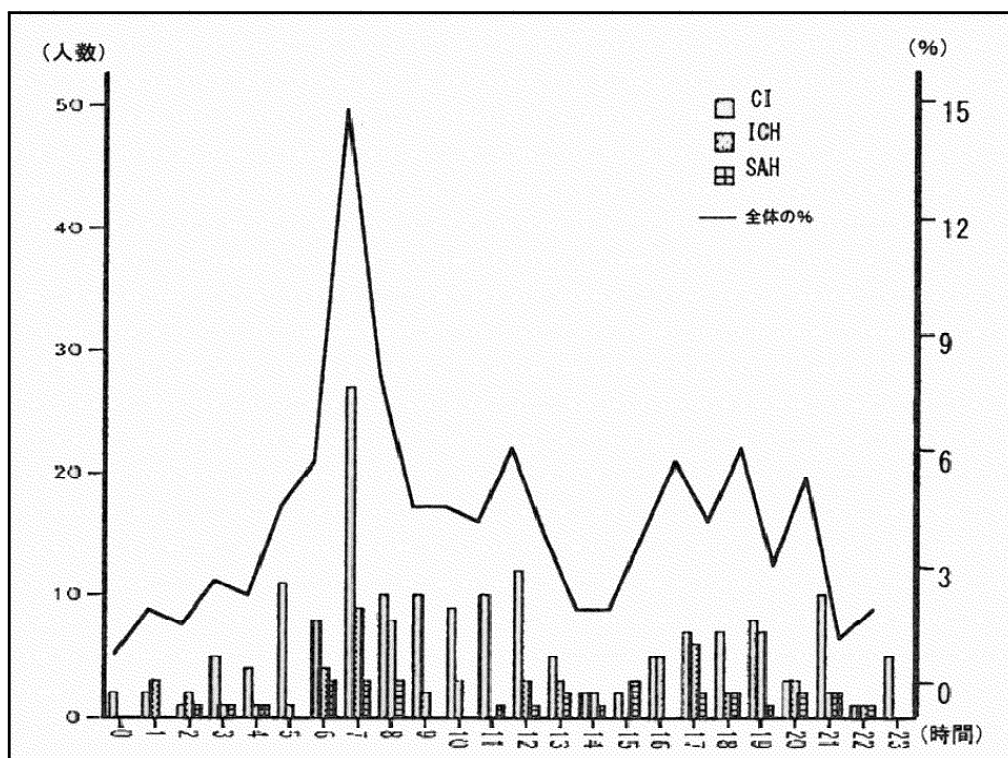
第1図：東京都観察医務院の取り扱った月別異状死（1993～2010年）.

[福永 2012]



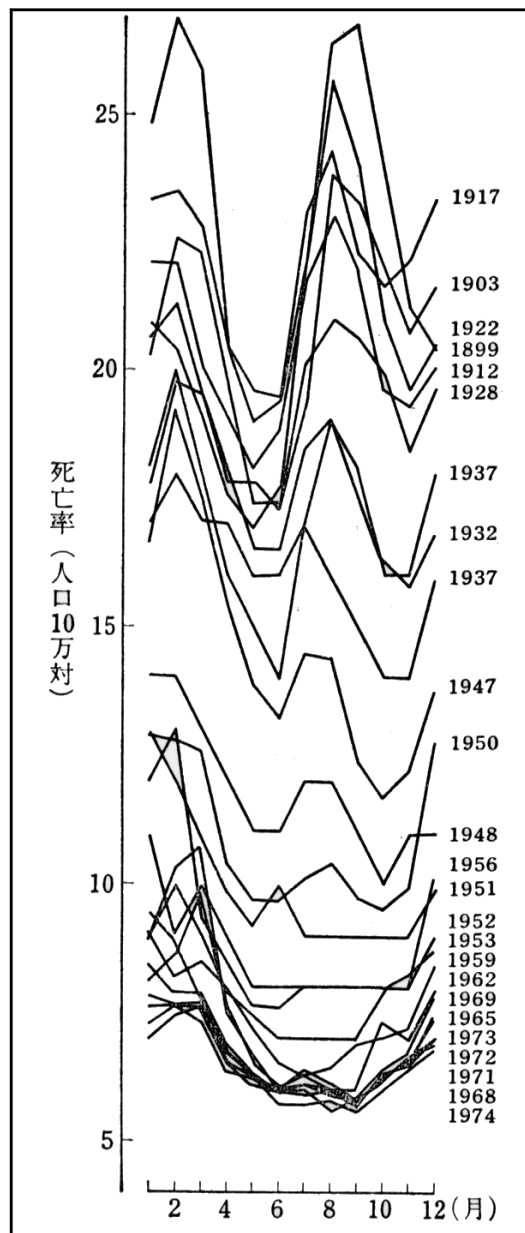
第2図：病型別と月別との関連性（CIは脳梗塞、ICHは脳出血、SAHはクモ膜下出血）。

[久保・朝日・木田ほか 2005]



第3図：病型別と発症時間帯との関連性（CIは脳梗塞、ICHは脳出血、SAHはクモ膜下出血）。

[久保・朝日・木田ほか 2005]



第4図：日本の総死亡率の季節パターンの歴史的変遷.

[千葉・靱山 1979]

## 15歳男子の出現率→秋田21% 他県も「上位」

## 東北の子供肥満傾向

21日公表された平成18年度学校保健統計調査で、子供の「肥満化」に歯止めが掛からない現状が示された。食生活の乱れや食料の変化、運動不足など理由はいろいろ挙げられ、国も自治体も対策を講じてきたが、肥満児、肥満傾向児童は今年度も増えた。特に、なぜか東北地方で肥満傾向が強くなっているなど「東高西低」がくつきり。メタボリック(内臓脂肪型肥満)症候群の時代、「子供の肥満」対策も急務だ。

調査結果で年齢別の肥満児の出現率を見ると、男子は、5歳で2・57%、7歳で6・22%と増え始め、9歳で10・83%と割合を突破。ピークは15歳の13・52%で、9〜17歳で10%超の状況が続く。女子で10%を超えるのは12歳の10・16%と15歳の10・06%で、男子ほどの肥満化はみられないが「男女とも昭和52年度以降、一貫して上昇傾向が続いている」(文科省)。

地域別でも大きな差が出た。男子の15歳での出現率を都道府県別に見ると、全国で最も低いのは埼玉の8・71%。次いで静岡の9・13%で、10%を割り込んだのは群馬(9・14%)と熊本(9・91%)の4県だけだ。

一方、最も高いのは秋田の21・43%で、5人に1人に肥満傾向が見られる。47都道府県のうち、15歳の肥満傾向が15%を上回ったのは北海道、青森、岩手、秋田、山形、福島、栃木、徳島の8道県で、「東高西低」ぶりが鮮明に表れた。

理由について文科省担当者は「正確なことは分からない」と首をひねっている。

## 「寒さで運動不足」影響？

子供の肥満の割合が全国トップクラスの秋田県。県保健体育課では「秋田の子供は身長も体重も平均を上回り体格がいい。正確な分析はできていないが、それが肥満児の多さにもつながっているのではないかと話す。県は平成13年に策定した「健康秋田21計画」で肥満児を7%に抑える目標を掲げているが、達成は厳しいという。

秋田市の小児科医で、市教委と連携しながら小学生の体格について調べている大野忠さん(73)は「東北の肥満傾向は、やはり冬の運動不足が原因ではないか」と分析する。

大野さんによると、秋田市内の子供は、冬を経た春の調査結果に比べ、秋の調査結果の方が体格がスリムになる傾向があるという。

あきた病院(秋田県由利本荘市)小児科の白崎和也医師は「秋田では都市部より郡部で子供の肥満が多い。遺伝的な要因もあるが、学校が遠くて親が車で送迎する人が多いことも運動不足の一因ではないか」と話す。

日本食育協会の鈴木雅子理事(福山平成大学客員教授)は「日本では食事の内容や生活環境の均一化が進んでおり、東高西低の原因を断定するのは難しい」と不思議がる。

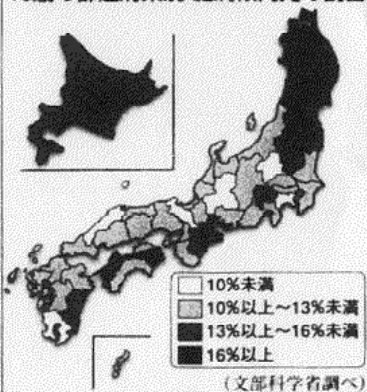
その上で、「寒い地域では外に出て遊ぶより家の中

にいる時間が長くなる。当然食べ物を口にする機会が増える」と指摘する。

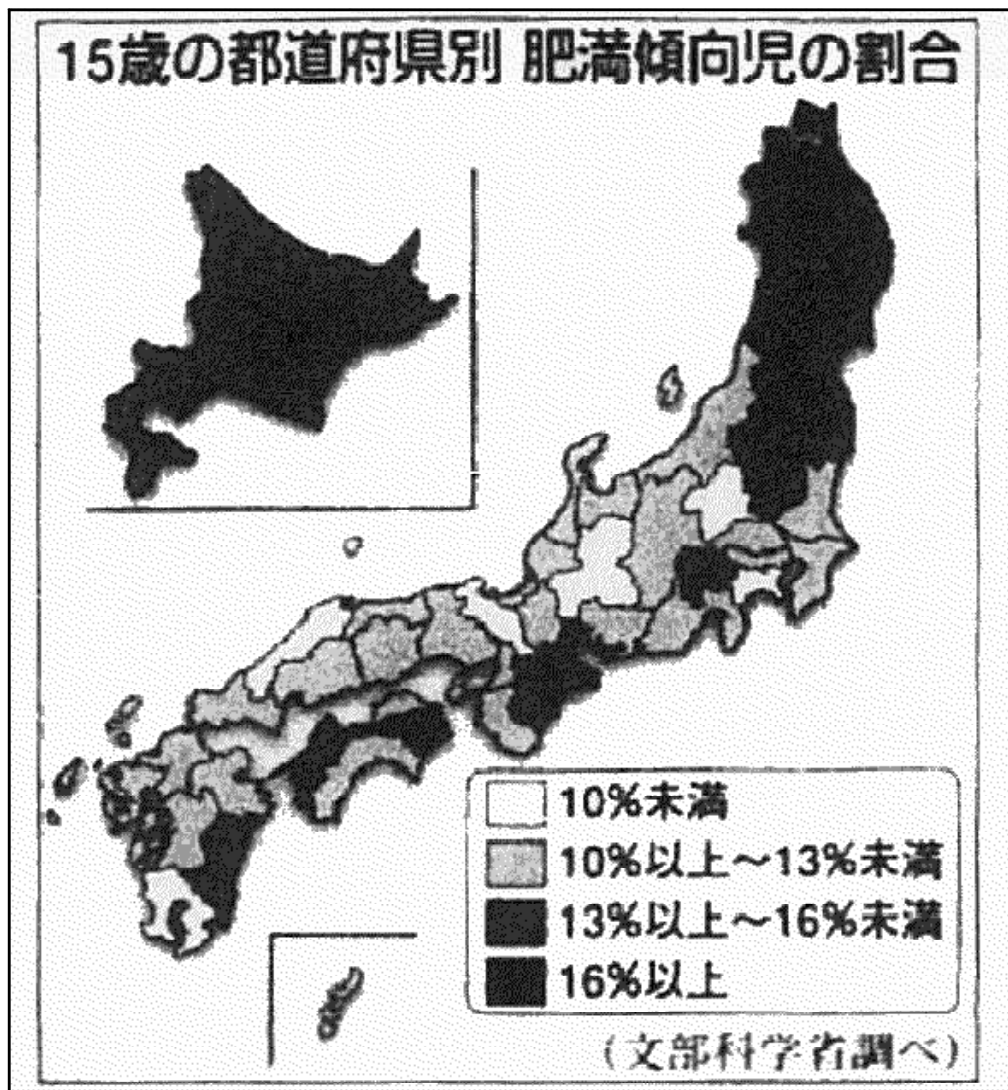
女子より男子に肥満が多いことについては「女の子の場合、親も本人も幼稚園の時から容姿を気にしてダイエットする。男の子が容姿を気にし始めるのは小学校高学年と遅いため」とみている。

鈴木理事は「最近の子供は動きながら、動物性脂肪と糖質が高くて、軟らかいものを好む。対策には具体的な食事内容と運動量に関する詳細な調査が必要だ」と指摘している。

15歳の都道府県別 肥満傾向児の割合

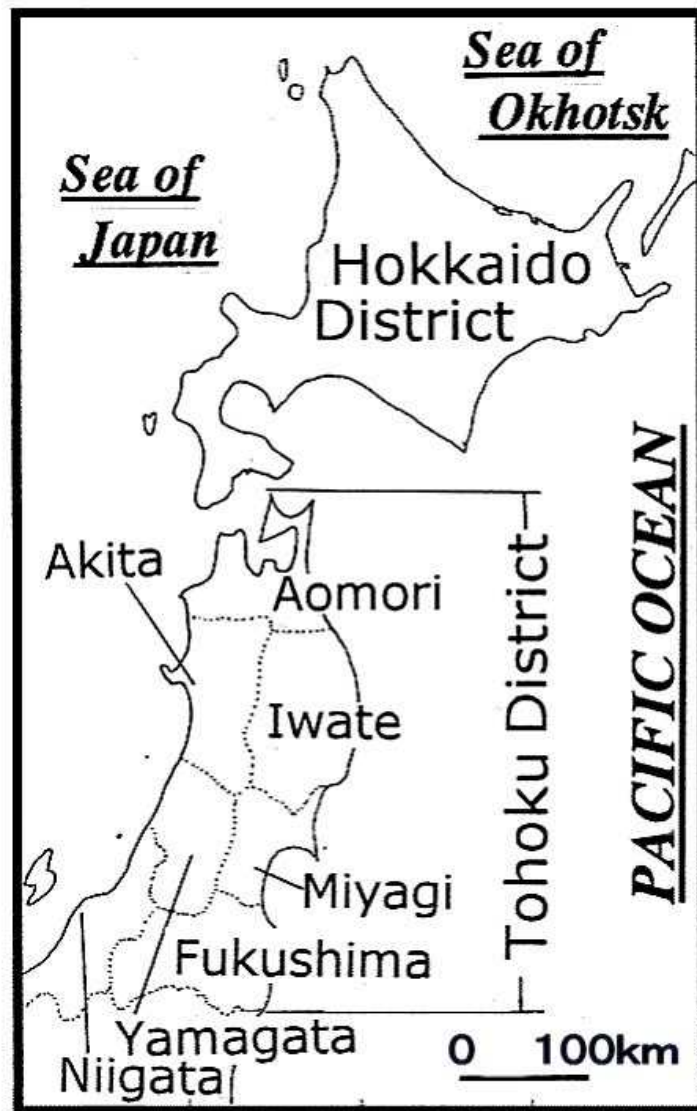




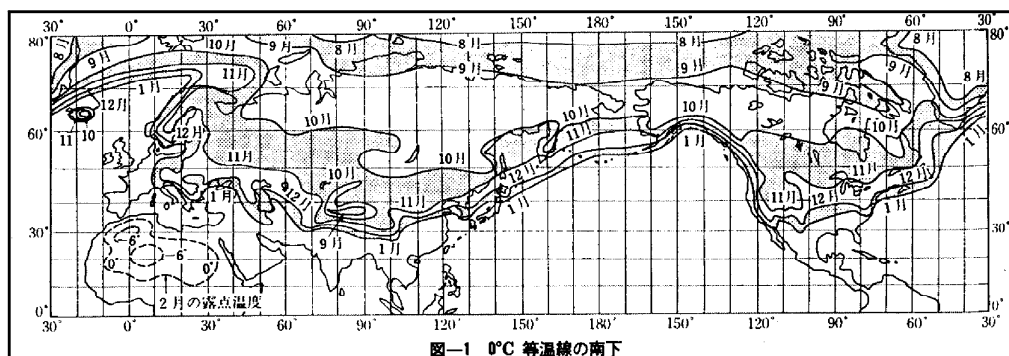


第 6 図：15 歳の都道府県別肥満傾向児の割合。

[2006 年 12 月 22 日付 産経新聞記事]

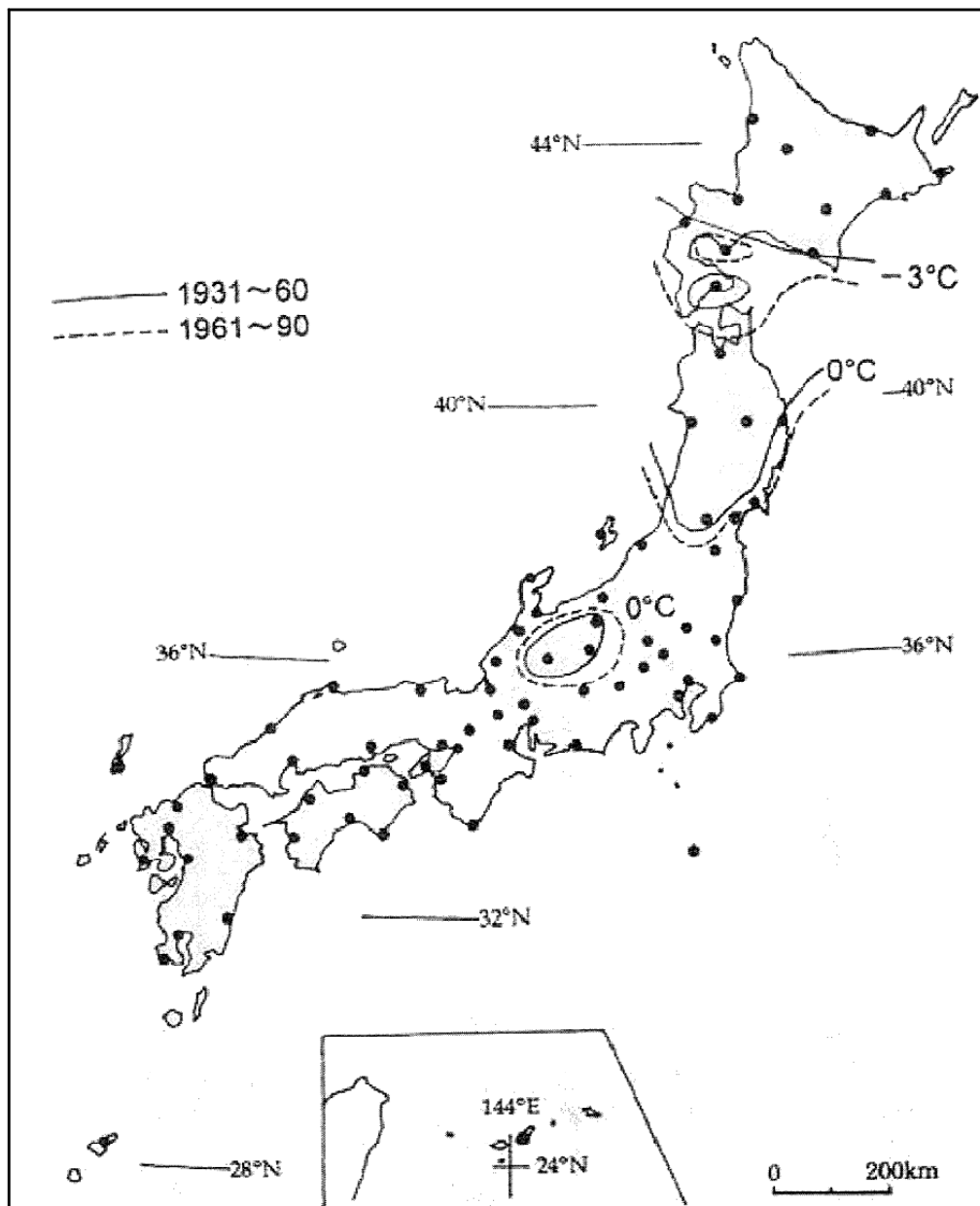


第7図：本研究の解析対象地域概要図.



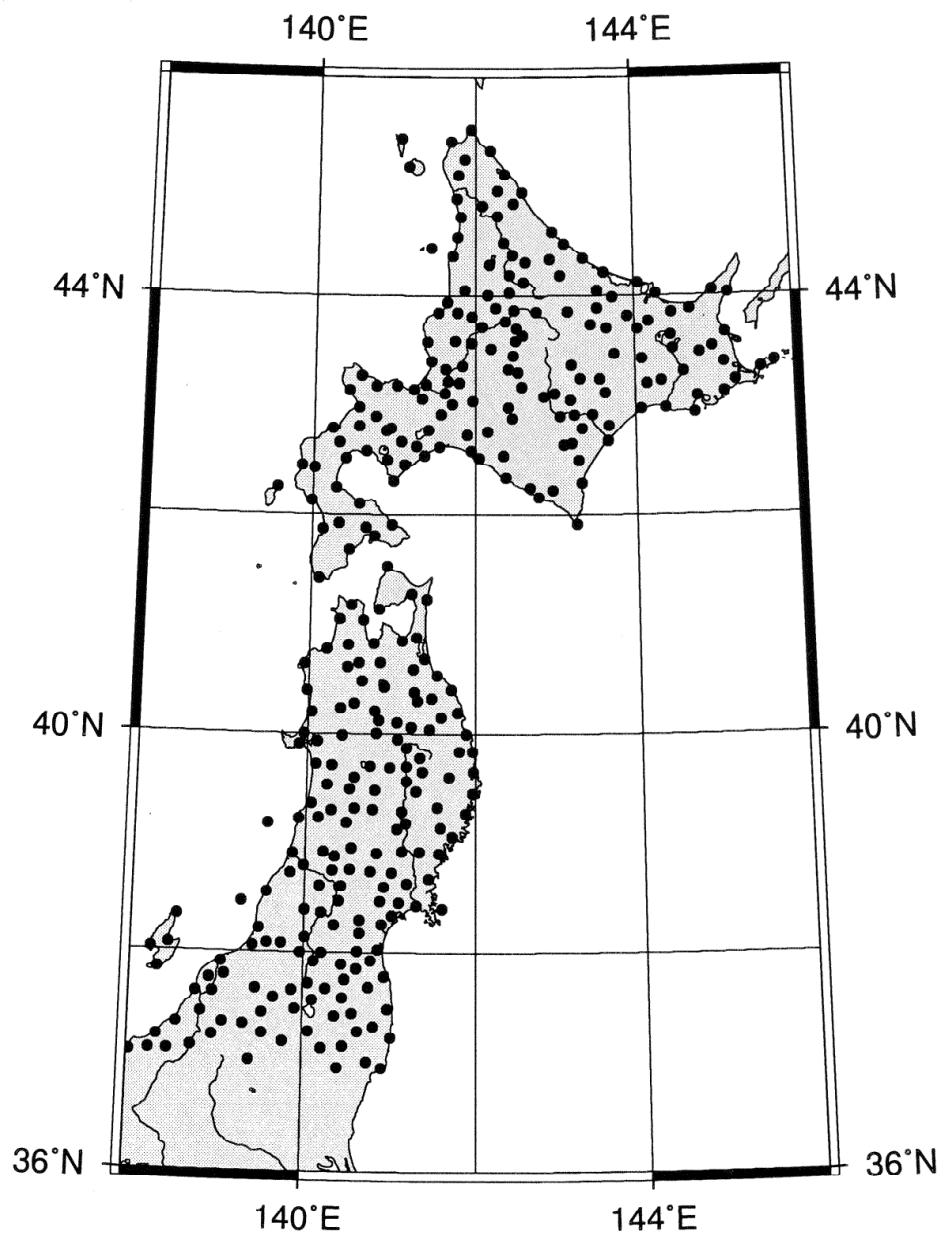
第 8 図：0℃等温線の南下.

[駒林 1986]



第 9 図：0℃等温線と-3℃等温線の平均位置の変位.

[前島・山添 1996]



第 10 図：研究対象地域内にあるアメダス四要素の観測地点分布図.

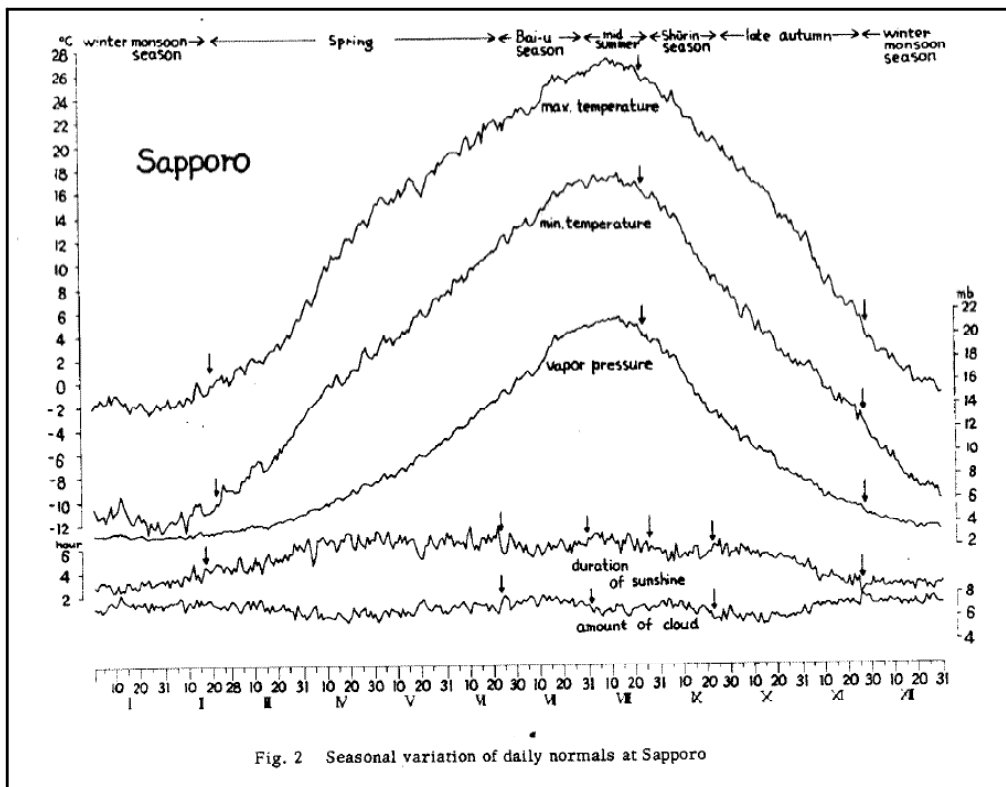


Fig. 2 Seasonal variation of daily normals at Sapporo

第 11 図：札幌の気象暦.

[Maejima 1962]

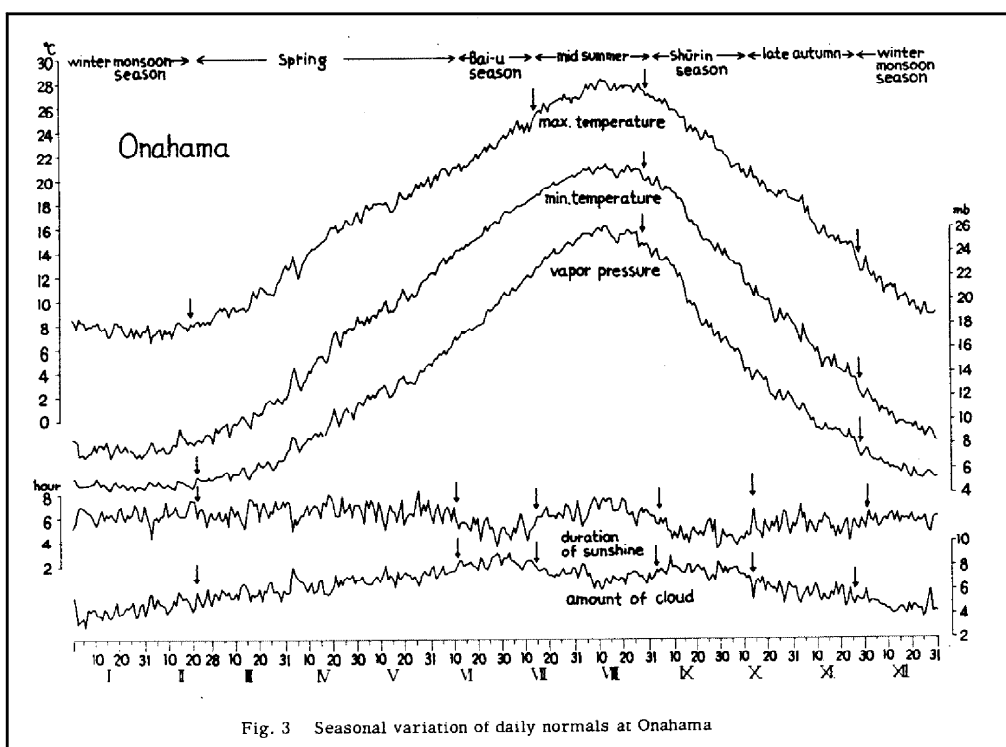
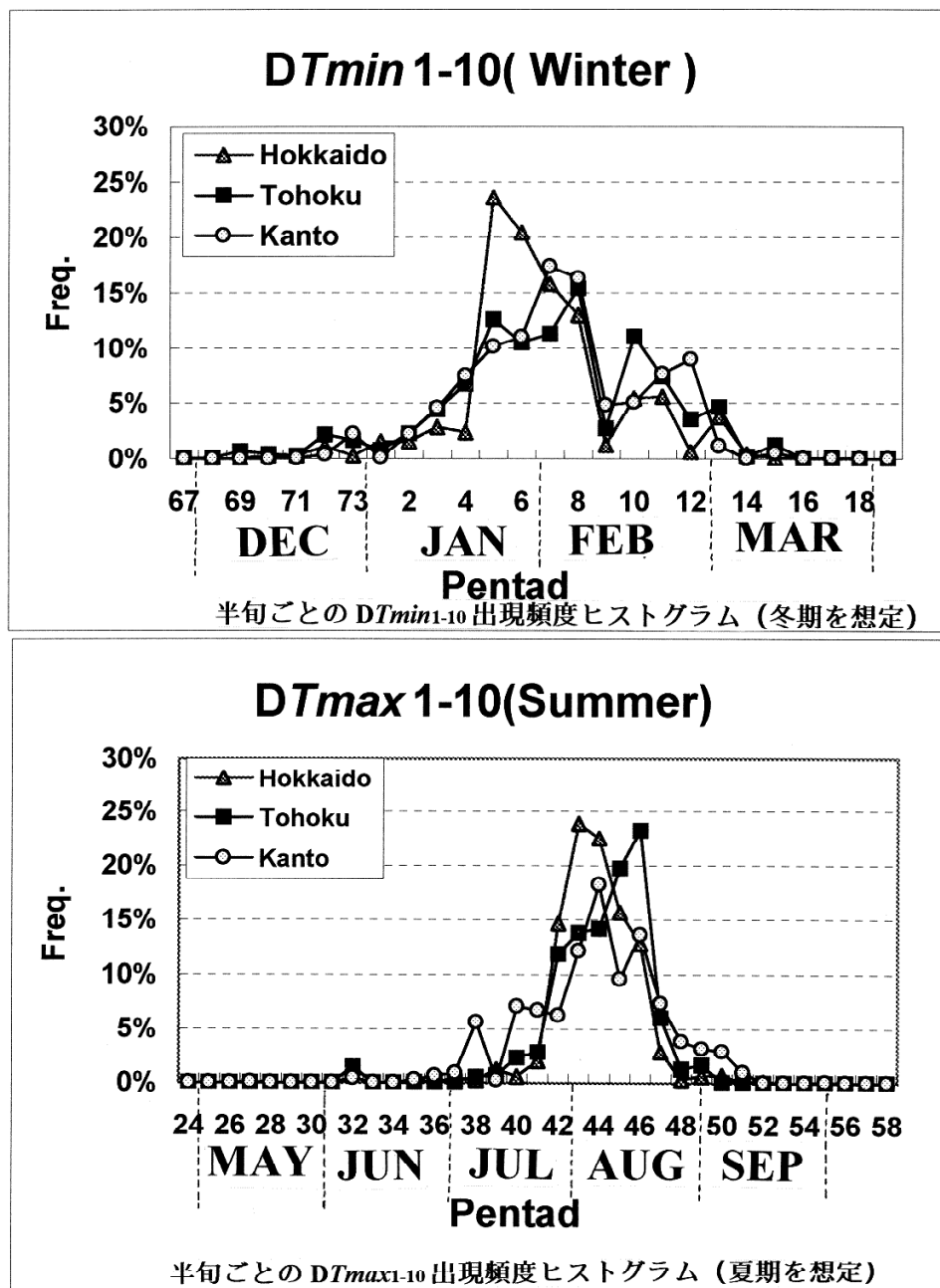


Fig. 3 Seasonal variation of daily normals at Onahama

第 12 図：小名浜の気象暦.

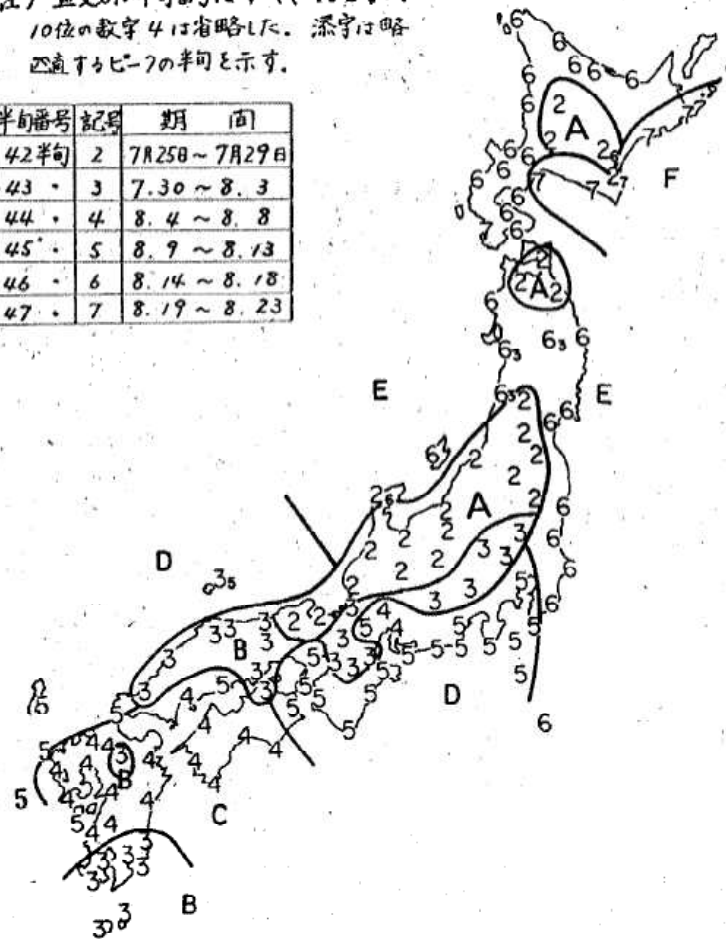
[Maejima 1962]



第 13 図：半旬ごとの  $DTmax_{1-10}$  出現頻度ヒストグラム（冬期を想定）。上  
 : 半旬ごとの  $DTmax_{1-10}$  出現頻度ヒストグラム（夏期を想定）。下

(注) 盛夏期の半旬番号はすべて40台なので  
10位の数字4は省略した。添字は略  
四直するピークの半旬を示す。

半旬番号	記号	期 間
42半旬	2	7月25日～7月29日
43半旬	3	7月30日～8月3日
44半旬	4	8月4日～8月8日
45半旬	5	8月9日～8月13日
46半旬	6	8月14日～8月18日
47半旬	7	8月19日～8月23日



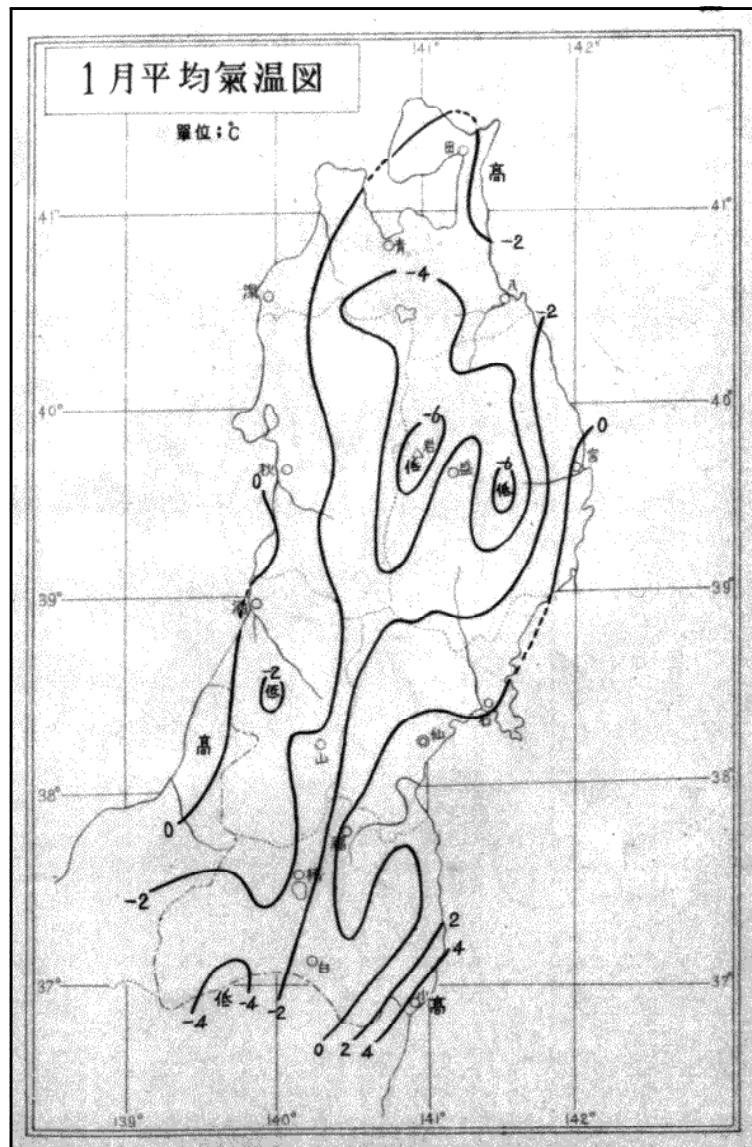
第2図 平年の気温年変化における最高値出現時期の地域分布

A: 42半旬グループ B: 43半旬 C: 44半旬 D: 45半旬 E: 46半旬 F: 47半旬

第14図: 平年の気温年変化における最高値出現時期の地域区分.

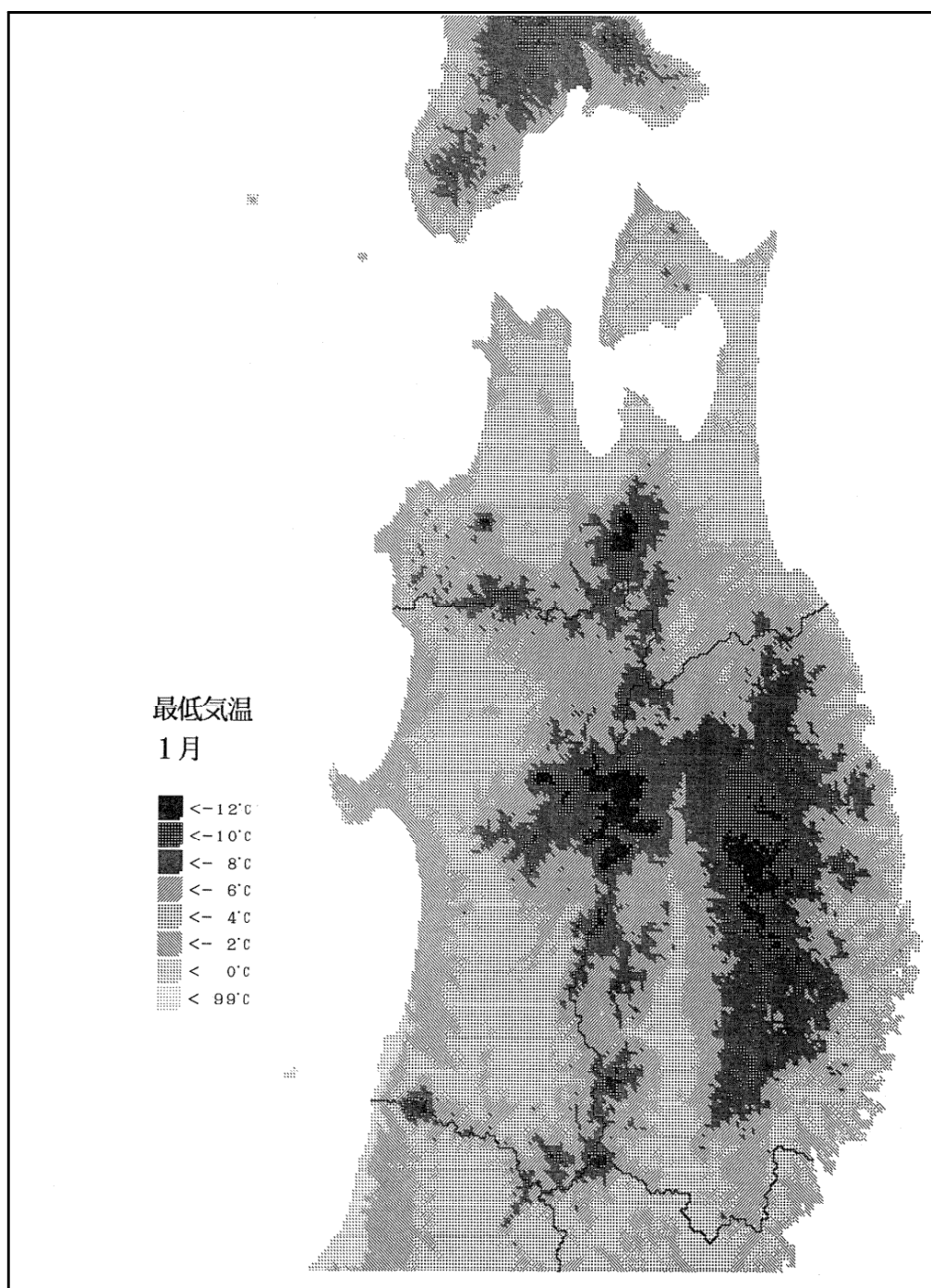
[真木・久保 1981]





第 15 図：東北地方の 1 月の平均気温分布.

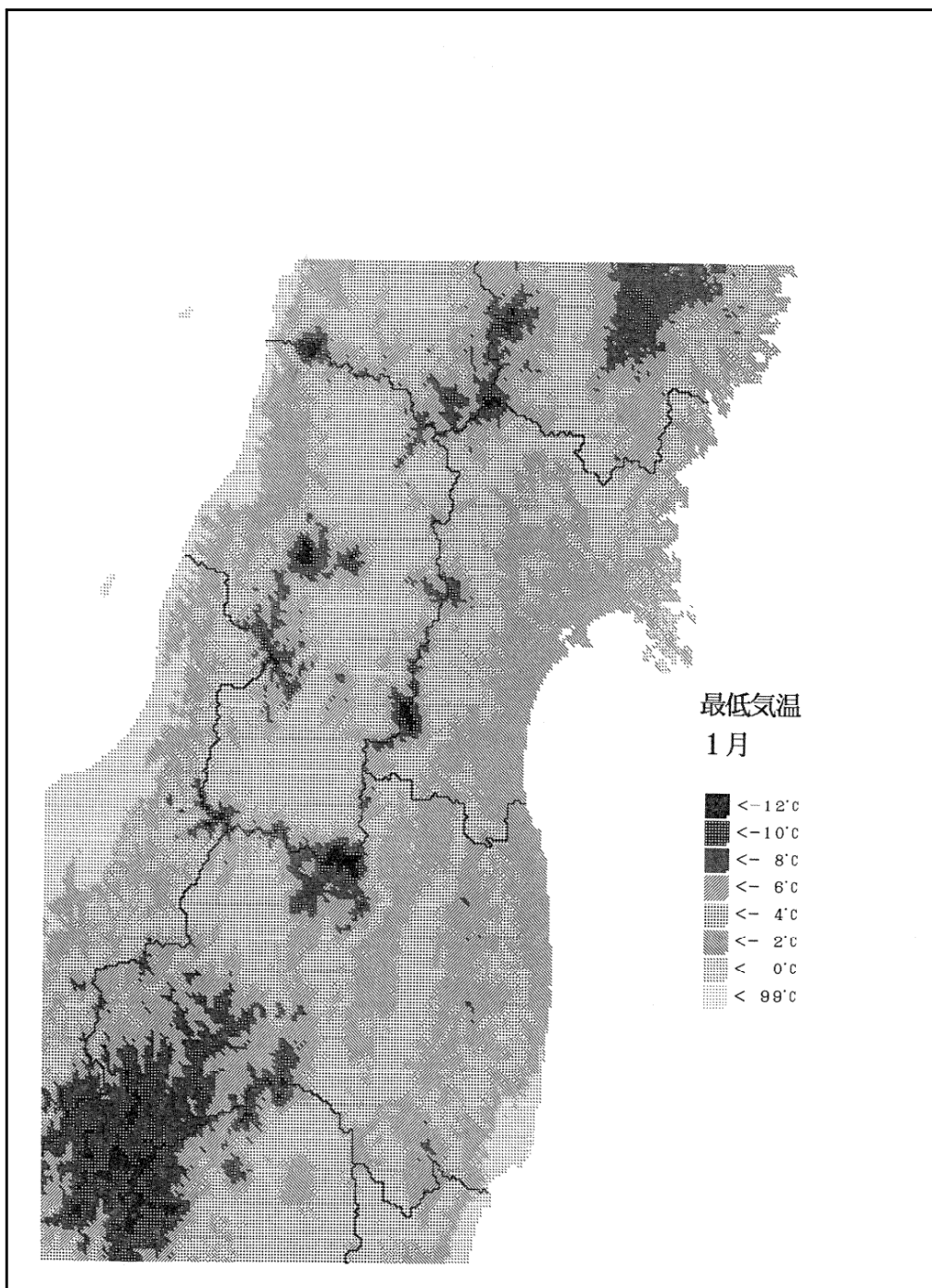
[仙台管区気象台 1957：国会図書館デジタルデータ]



第16図：東北地方の1 kmメッシュ気候図

(最低気温 1月)／東北地方北部.

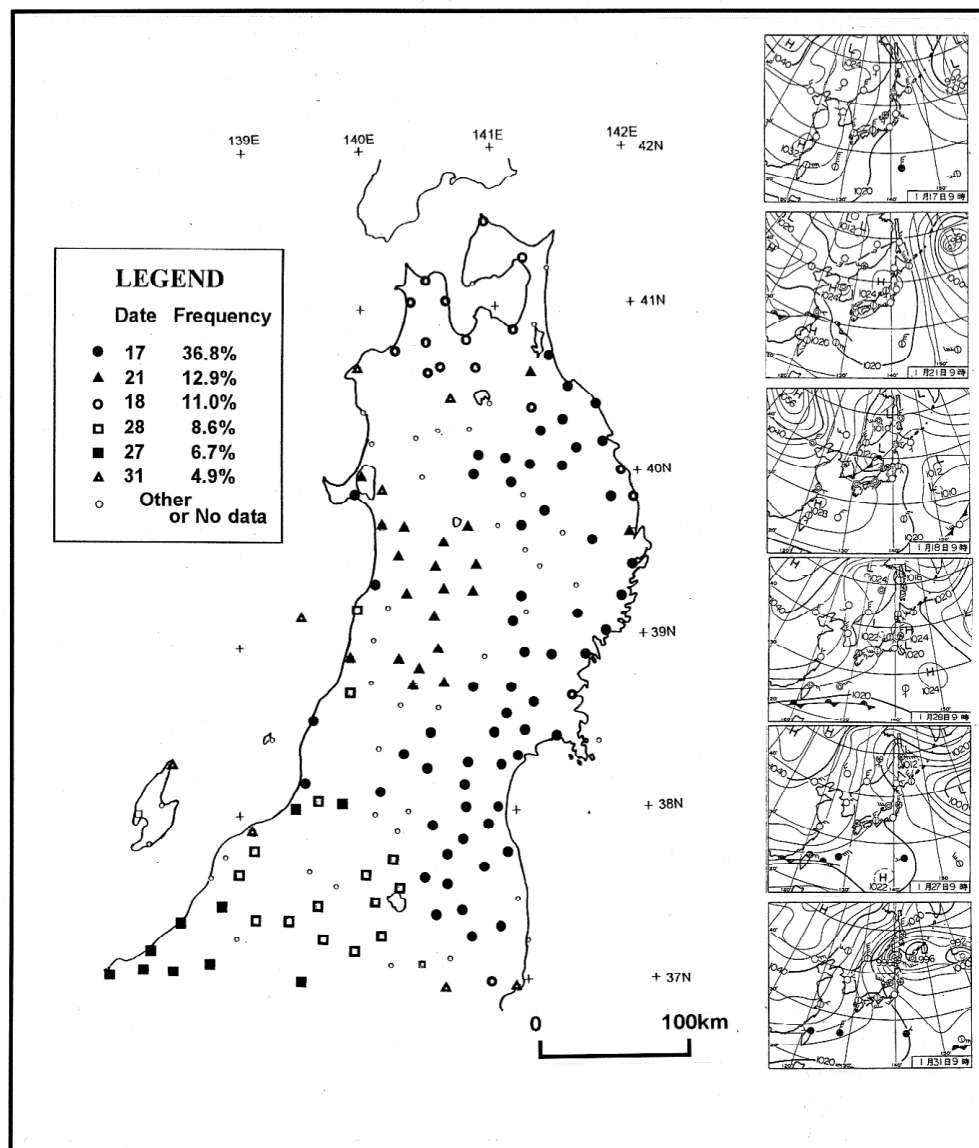
[仙台管区気象台 1991]



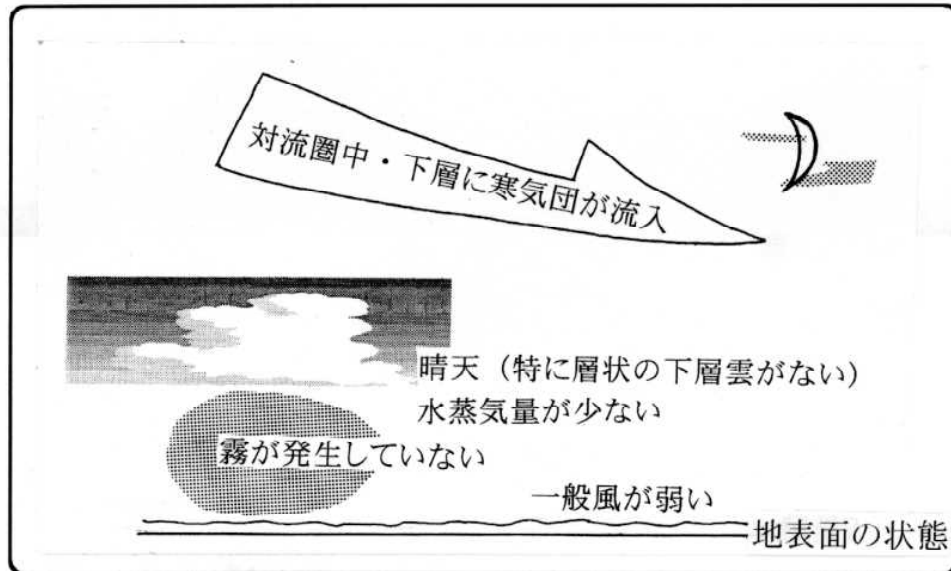
第 17 図：東北地方の 1km メッシュ気候図.

(最低気温 1 月) / 東北地方南部

[仙台管区气象台 1991]

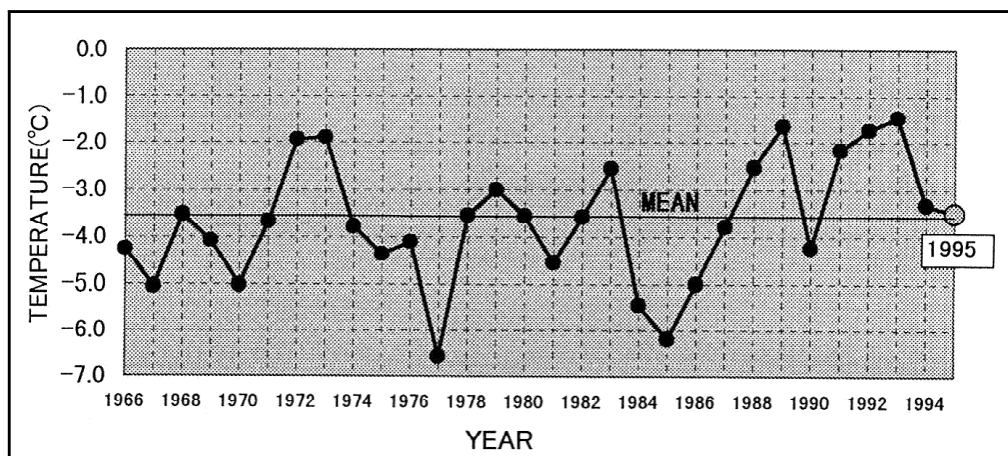


第 18 図：1995 年 1 月の月最低気温の発生起日の空間分布図。



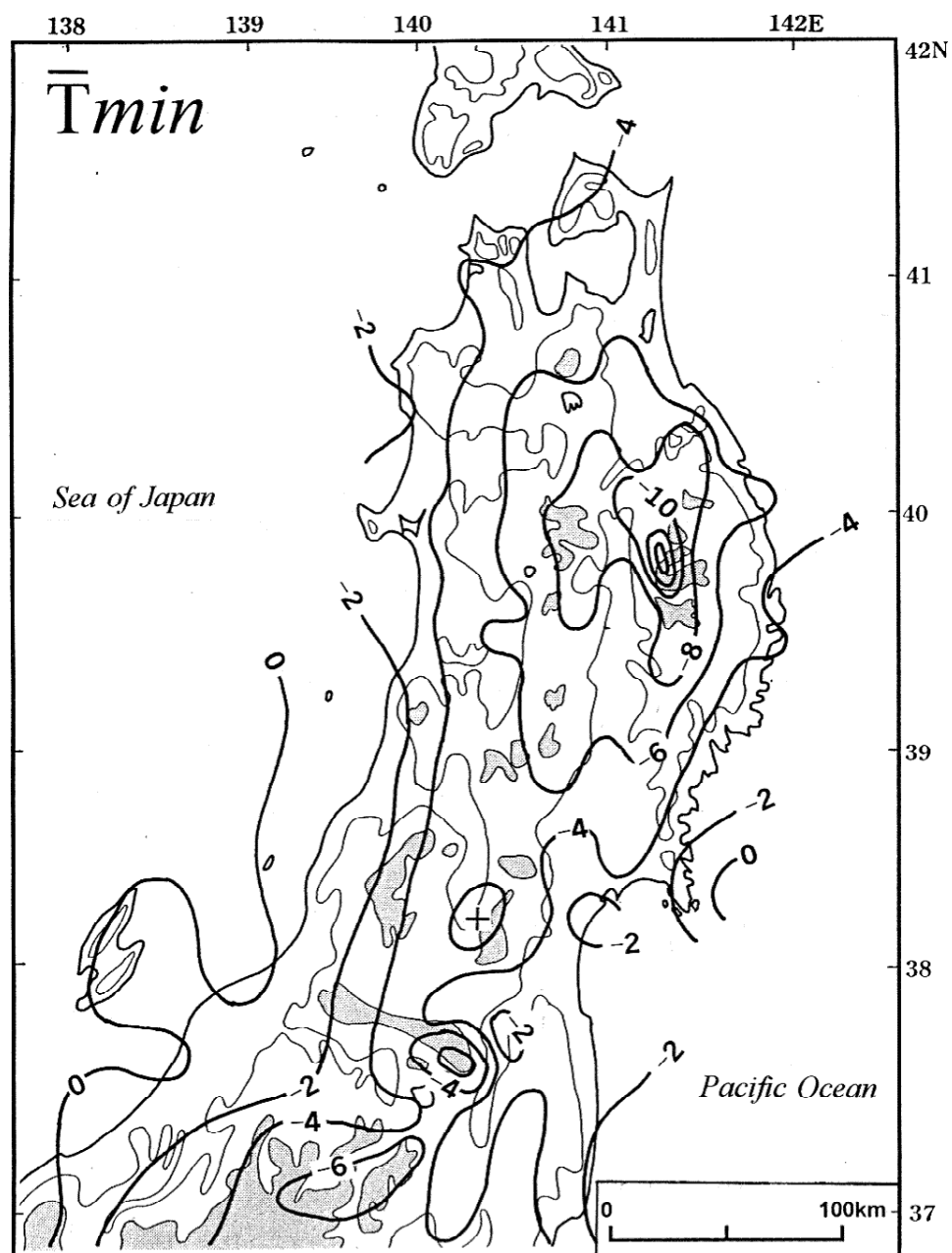
### 日最低気温を低下させる諸要因

第 19 図：冬期に日最低気温を低下させる諸要因.



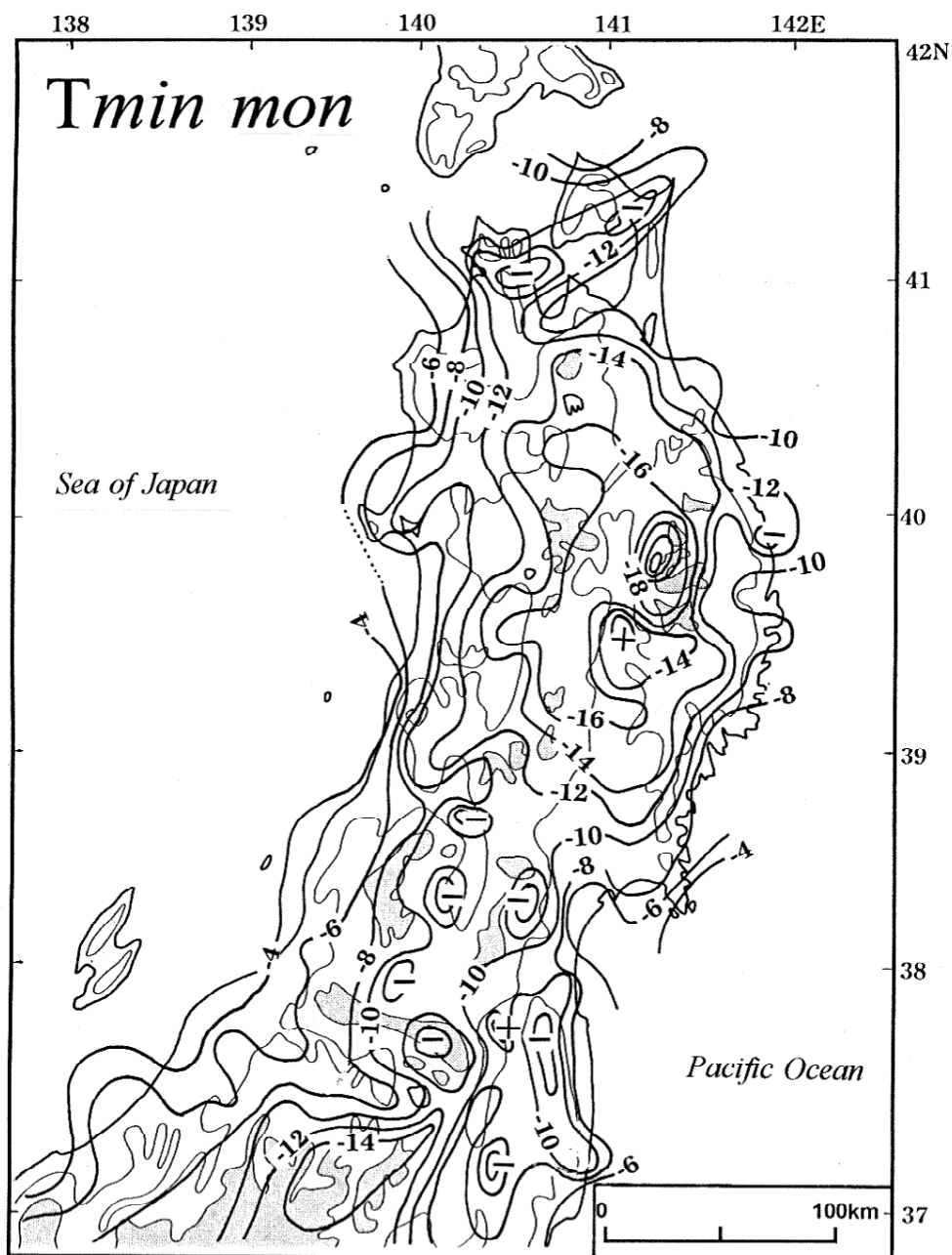
第 20 図：東北地方における日最低気温月平均値と経年変化.

(東北地方の気象官署 17 地点の平均値)



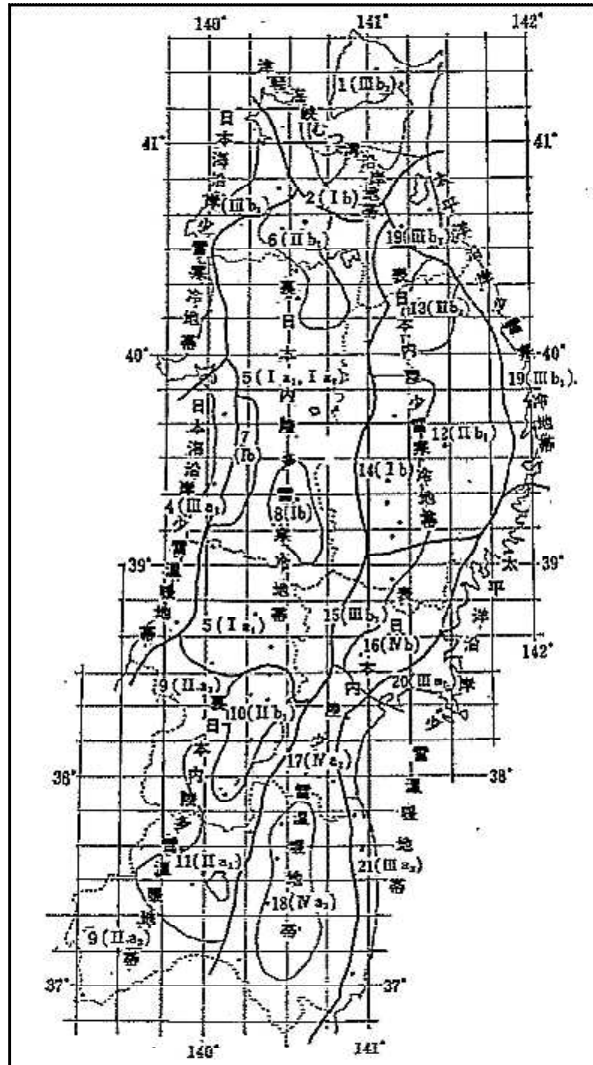
第 21 図：東北地方の日最低気温の月平均値分布図（1995 年 1 月）（℃）.

（等高線は 200、1000 m、以下の図も同じ）



第 22 図：東北地方の日最低気温の月平均値分布図（1995 年 1 月）.

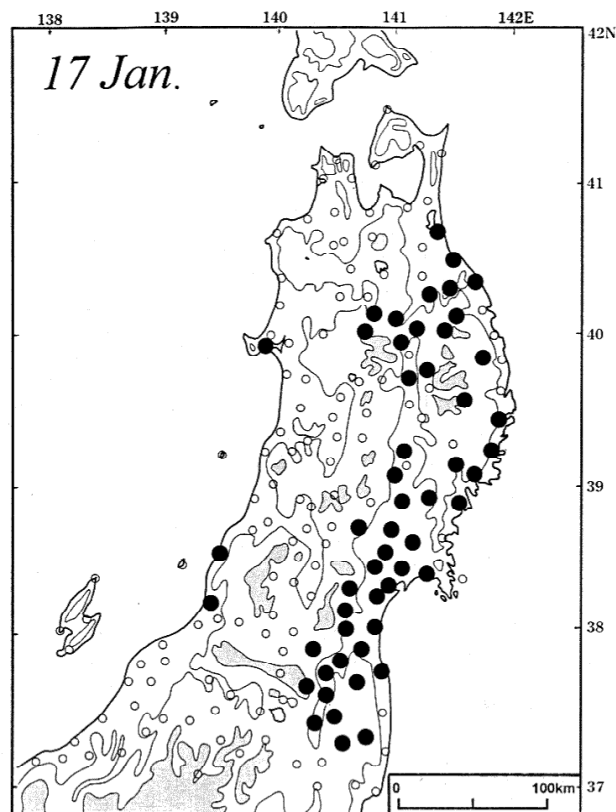
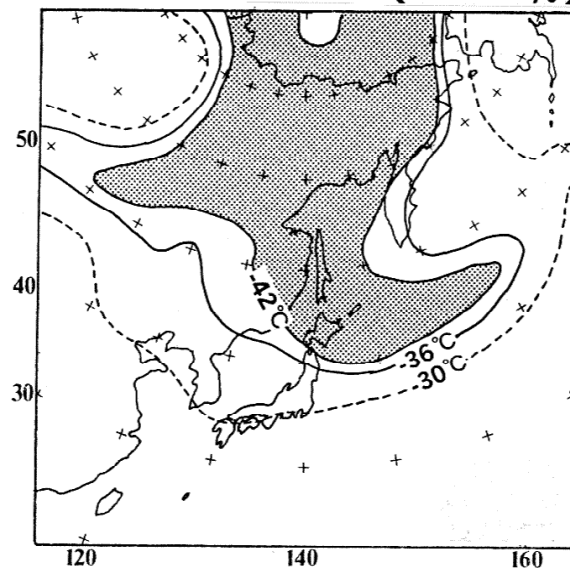




第 23 図：東北地方の気候区分図.

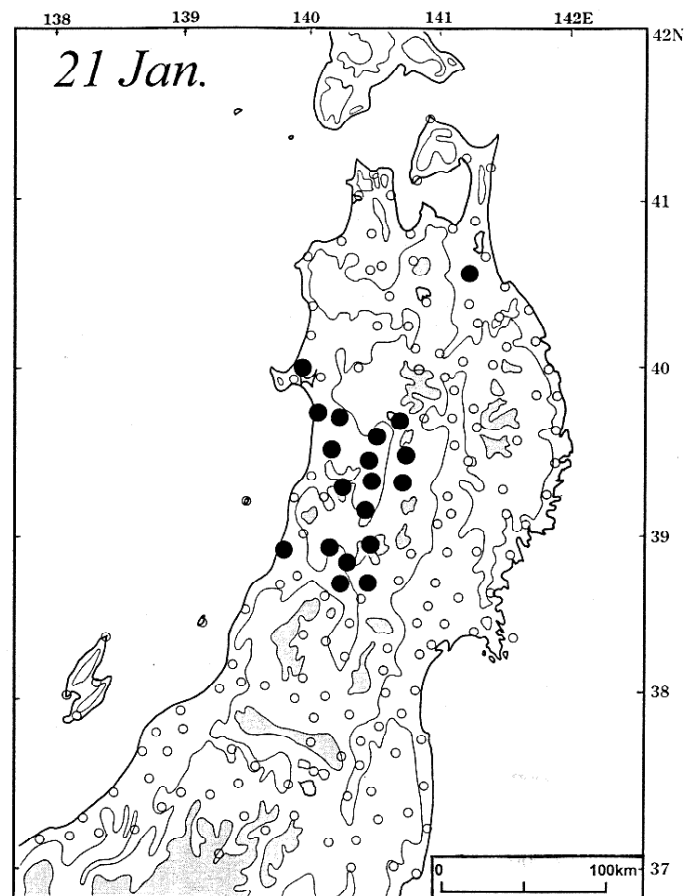
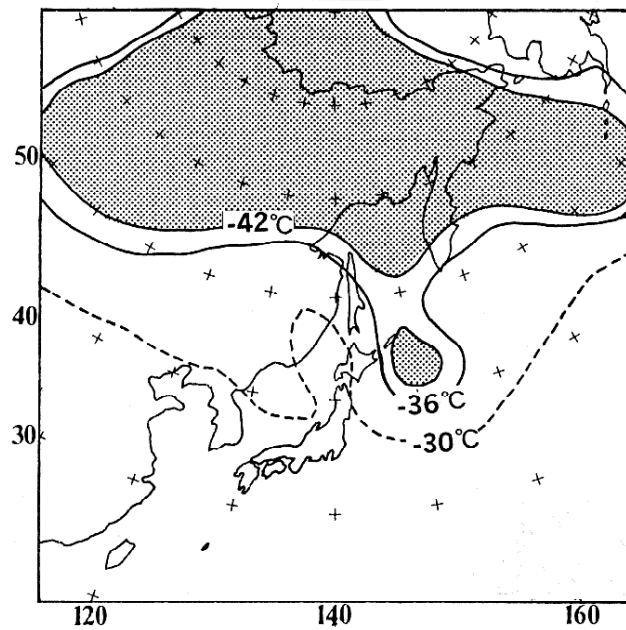
[小島 1973]

**P (36.8%)**



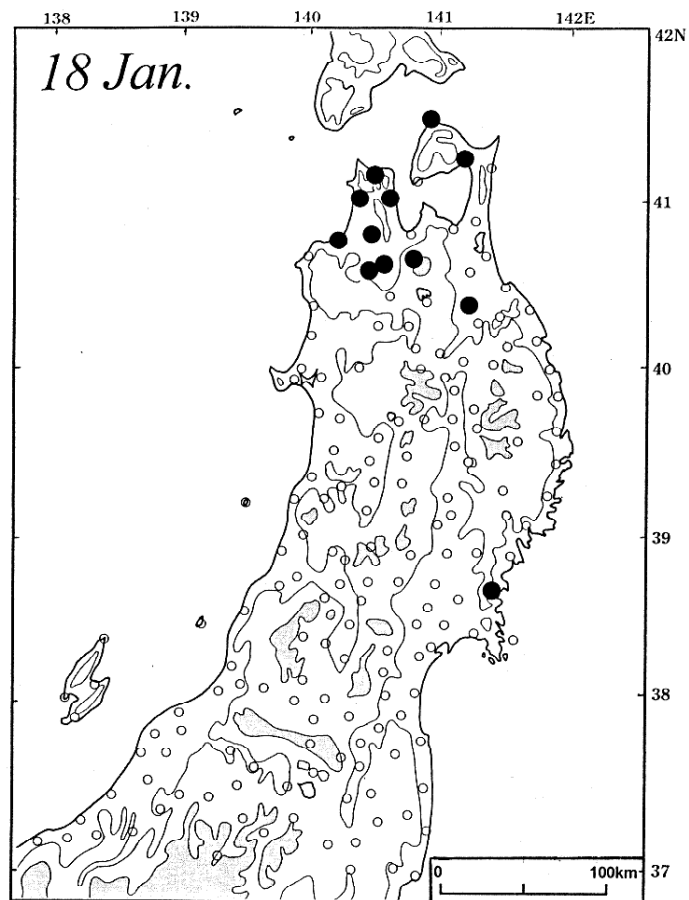
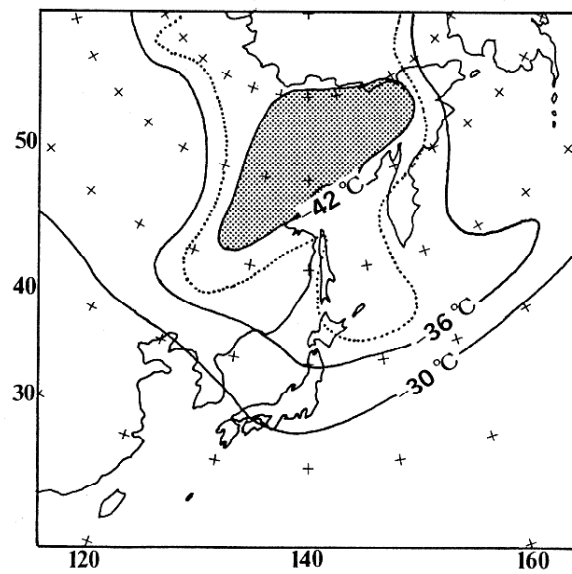
第 24 図：P 型（太平洋地域出現型）の 500hPa 面における  $-30^{\circ}\text{C}$ 、 $-36^{\circ}\text{C}$ 、 $-42^{\circ}\text{C}$  の等温線分布図と該当日に月最低気温を記録した地点の分布（タイプの右に示した数字は、当日に月最低気温を記録した地点数の全体に占める比率を表す）。

**J (12.9%)**



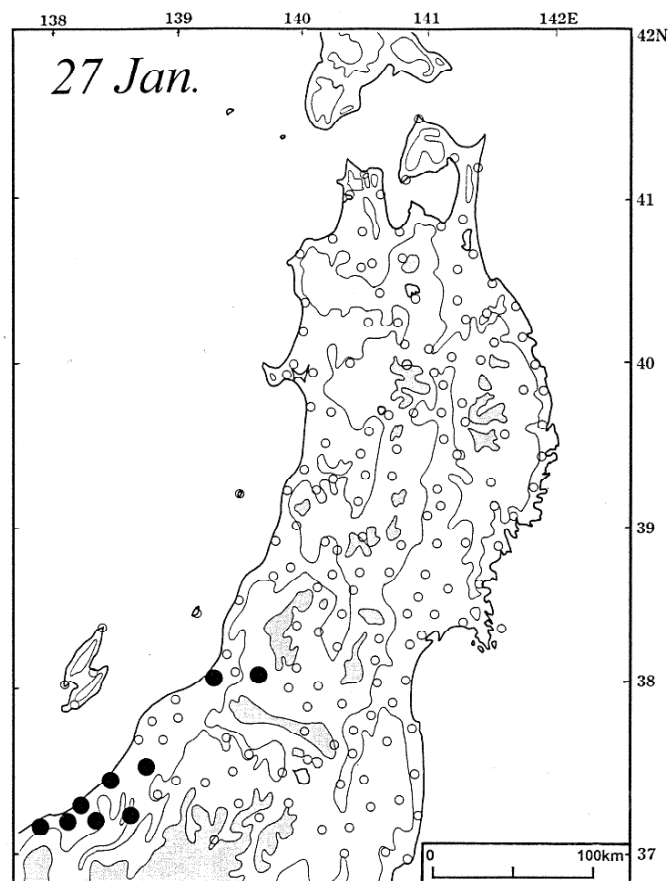
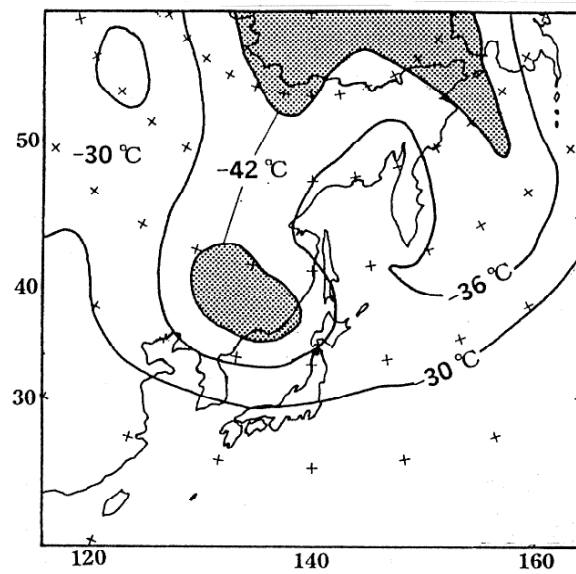
第 25 図：第 24 図に同じ．ただし、J 型（日本海側出現型）のケース．

**N (11.0%)**



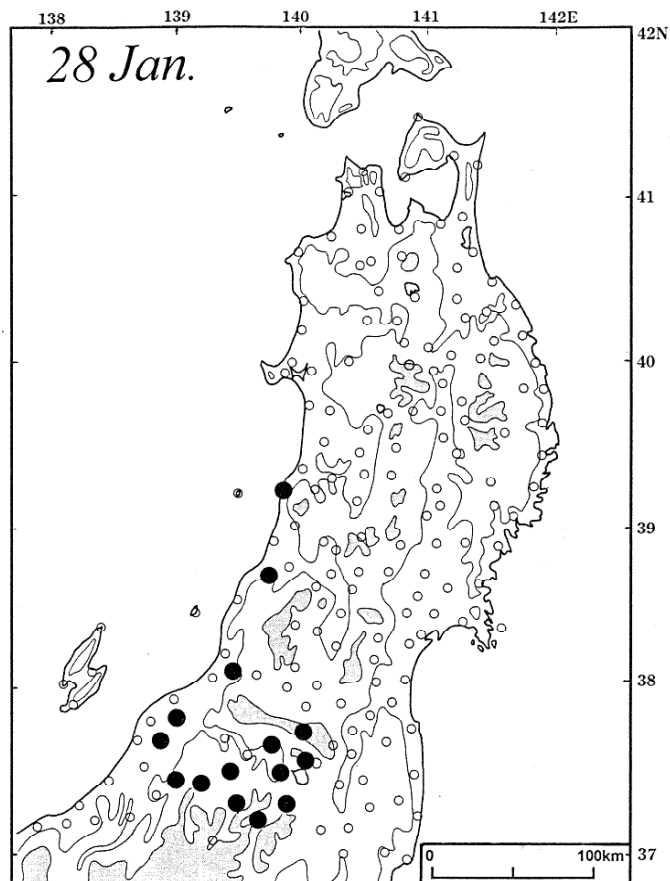
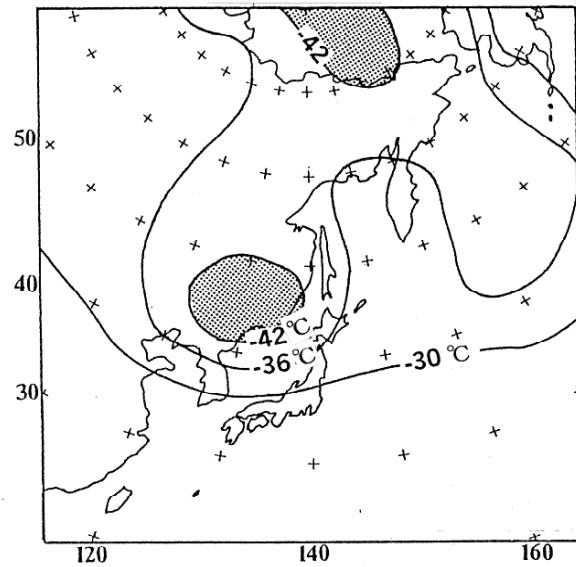
第 26 図：第 24 図に同じ。ただし、N 型（東北地方北部出現型）のケース。

# Ss (6.7%)

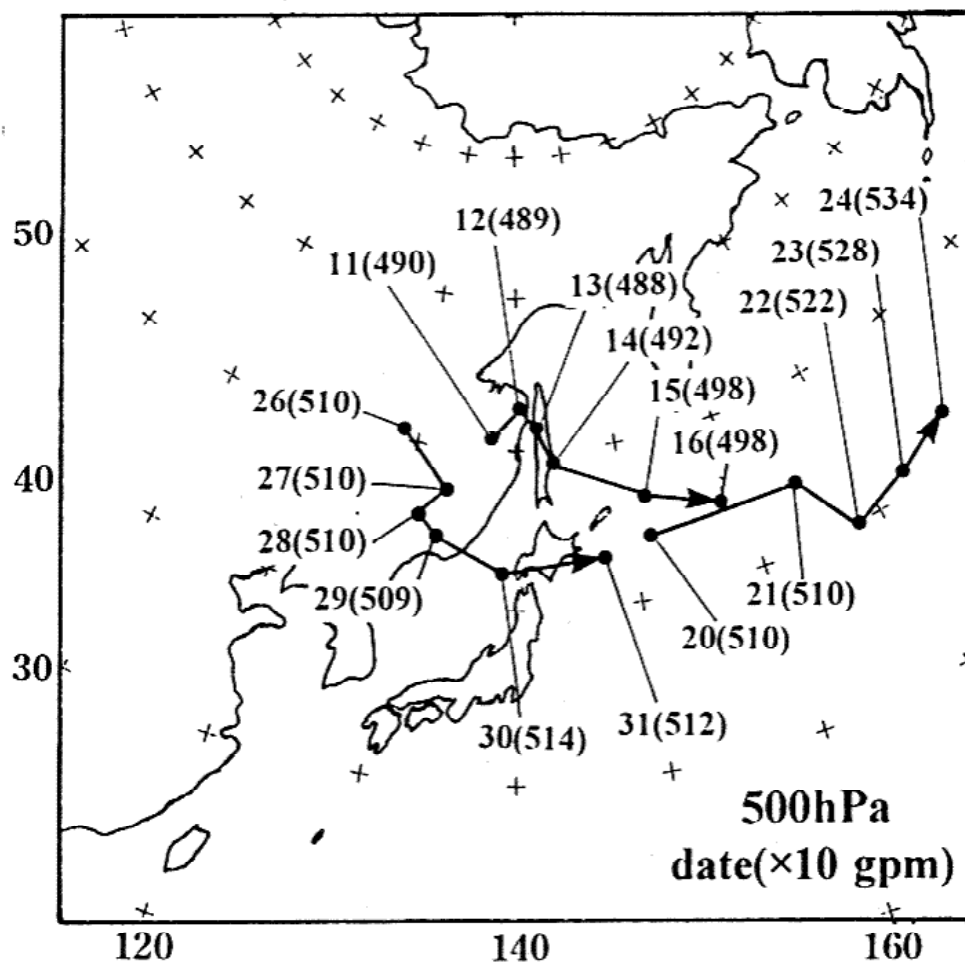


第 27 図：第 24 図に同じ。ただし、Ss 型（日本海側南部出現型）のケース。

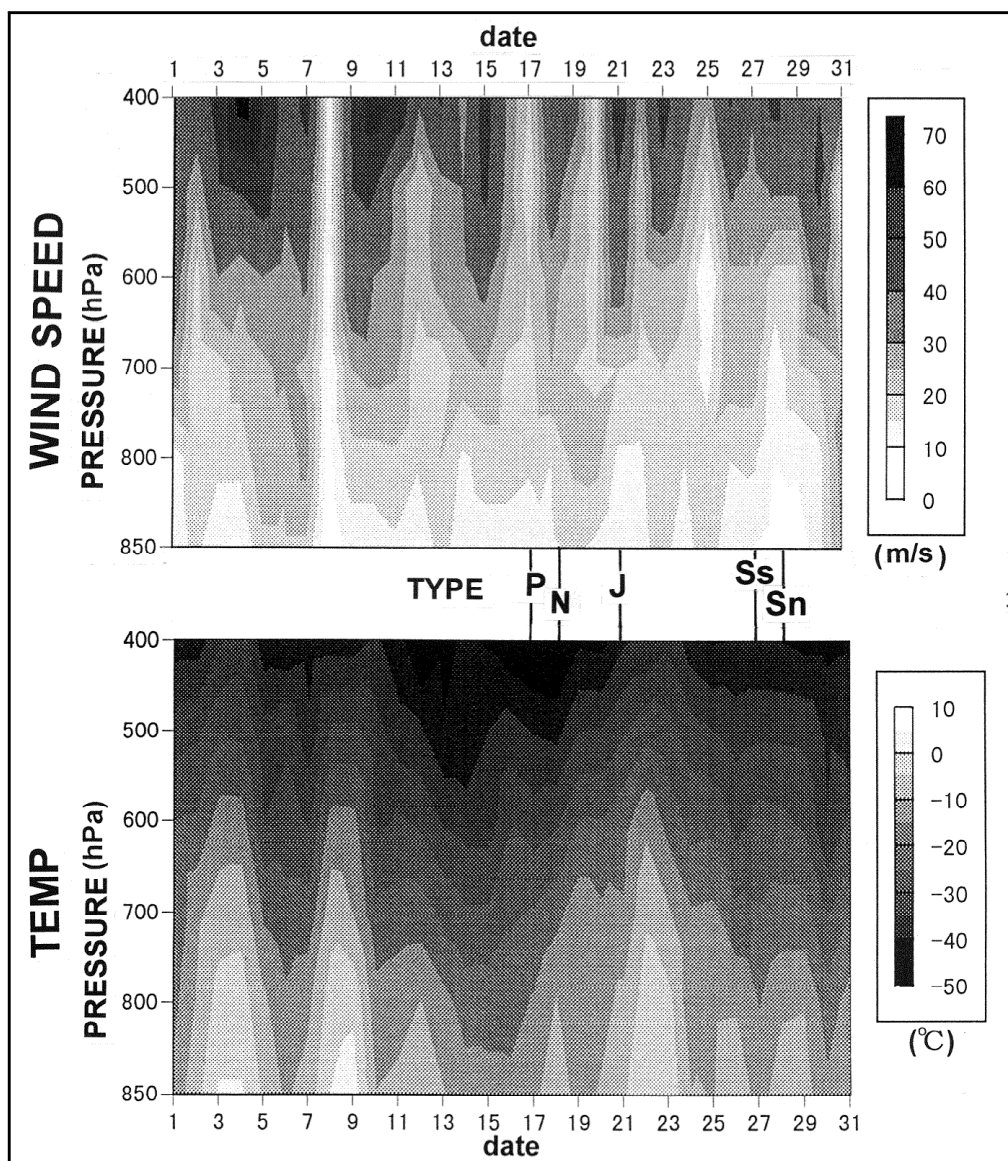
# Sn (8.6%)



第 28 図：第 24 図に同じ。ただし、Sn 型（日本海側北部出現型）のケース。

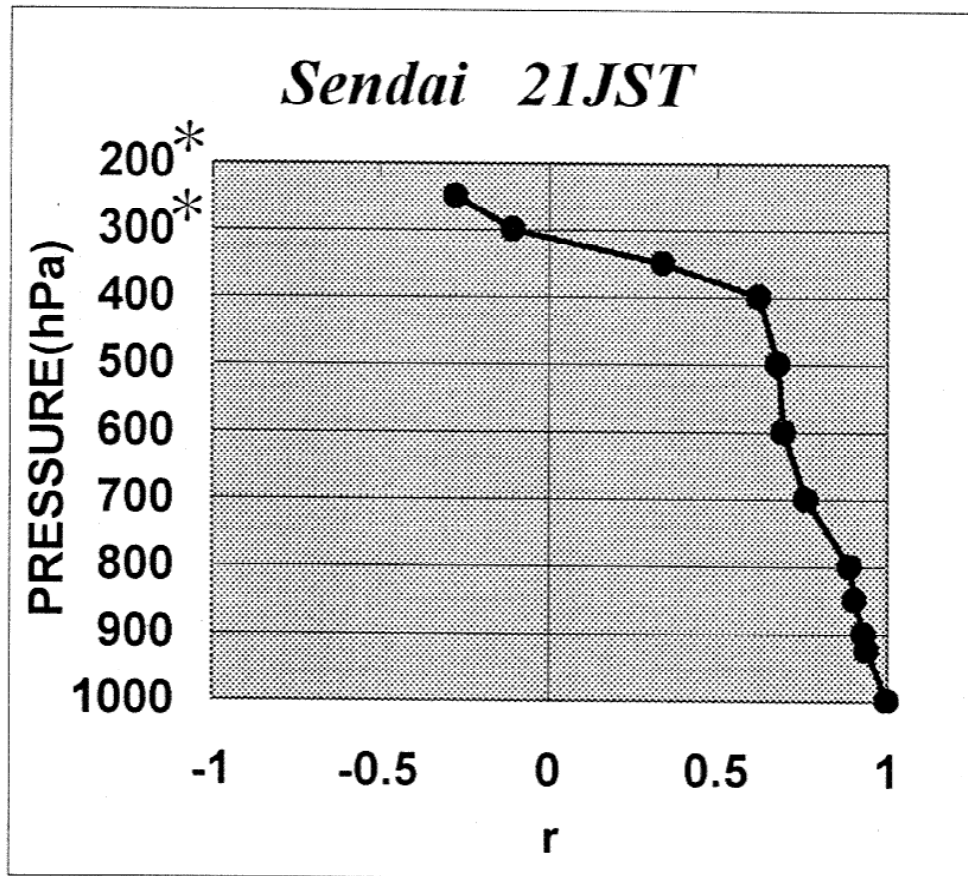


第 29 図：1995 年 1 月、2 月および 3 月の 500hPa 面における低気圧分布図  
(09JST の位置)。

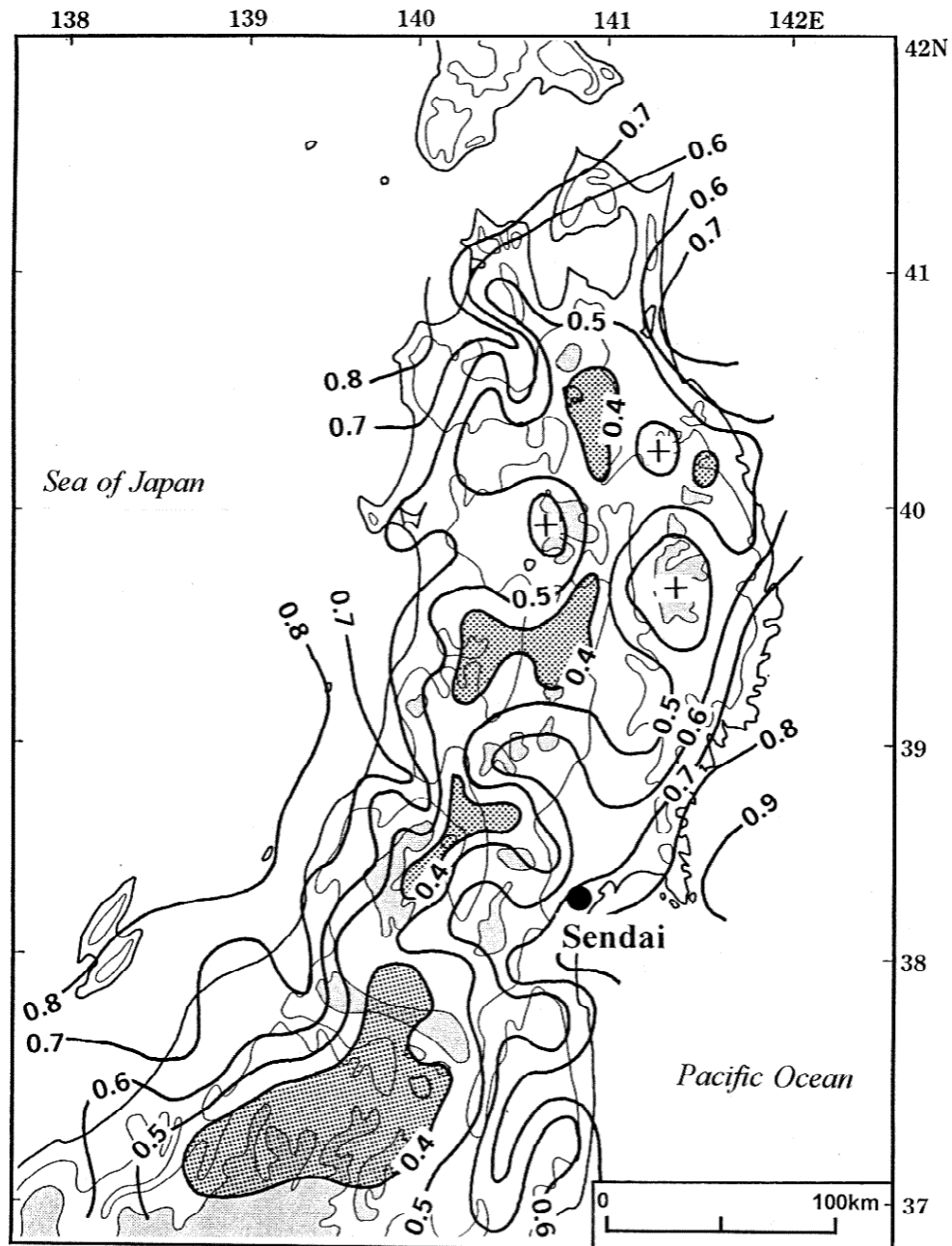


第 30 図 : 1995 年 1 月の仙台 (09JST) における気温と風速の鉛直プロファイル.

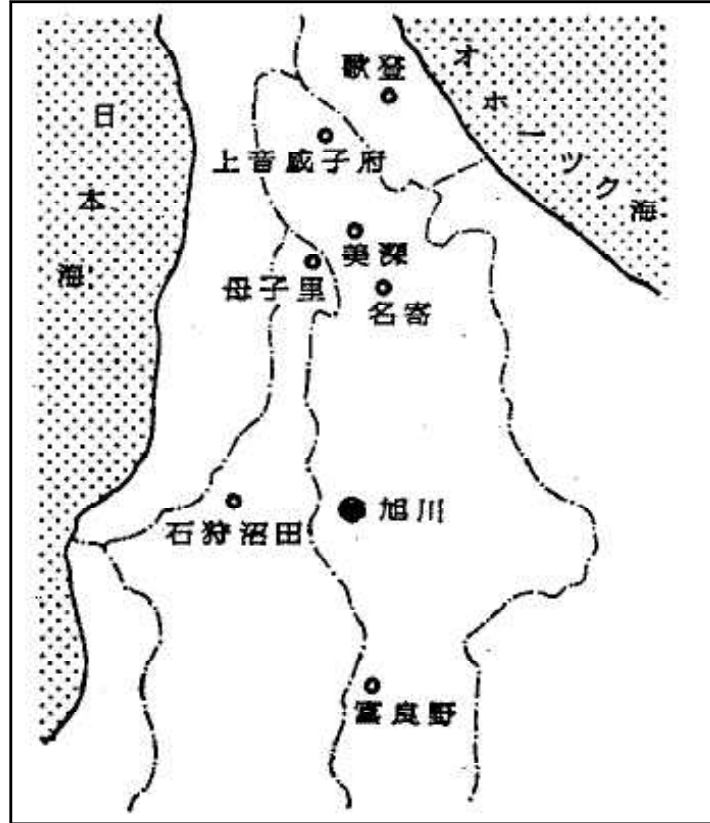




第 31 図：仙台（21JST）におけるの地上気温と各標準気圧面の気温との相関係数(r)の高度変化（\*印は有意水準 5 % で有意でないことを示す）.

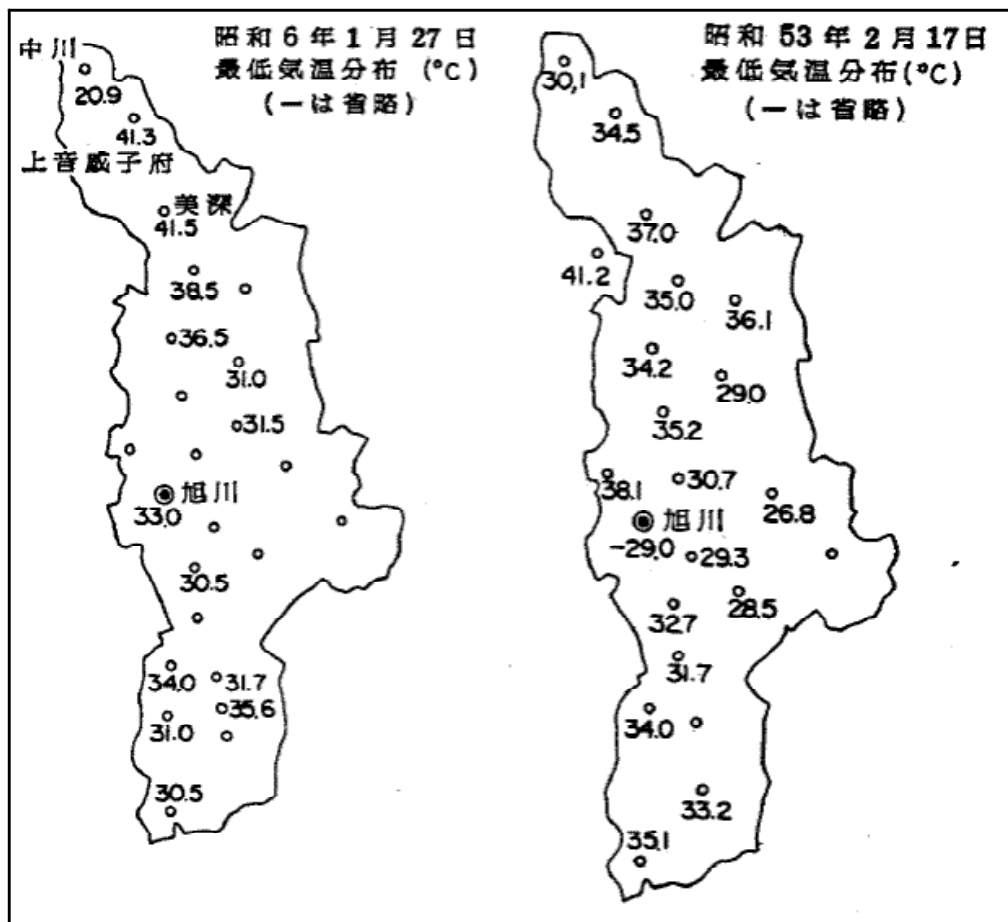


第 32 図：仙台（09JST）における 850hPa 面の気温と各地点の日最低気温との一点相関係数( $r$ )の分布（相関係数の値はすべて正、網掛け域は相関係数  $+ 0.4$  以下を表す）.



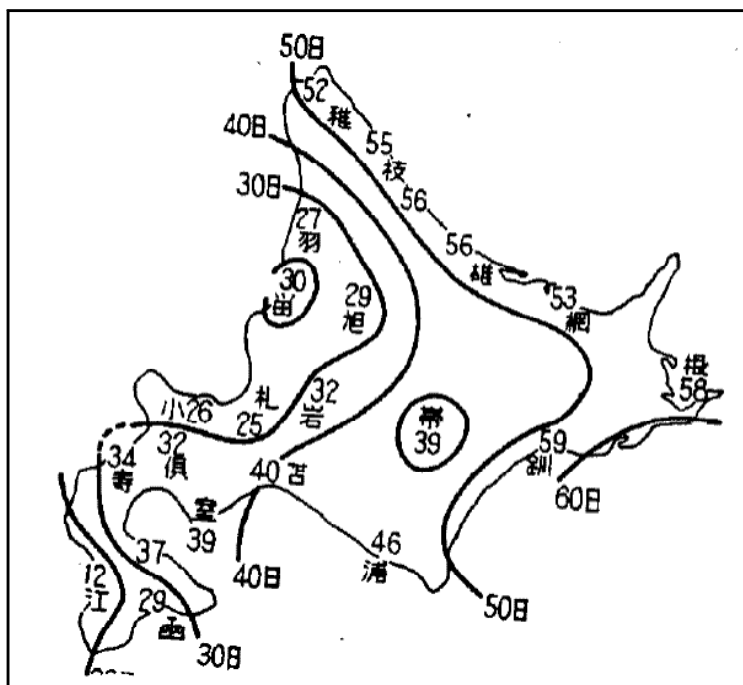
第 33 図：最低気温記録図。

[小林 1979]



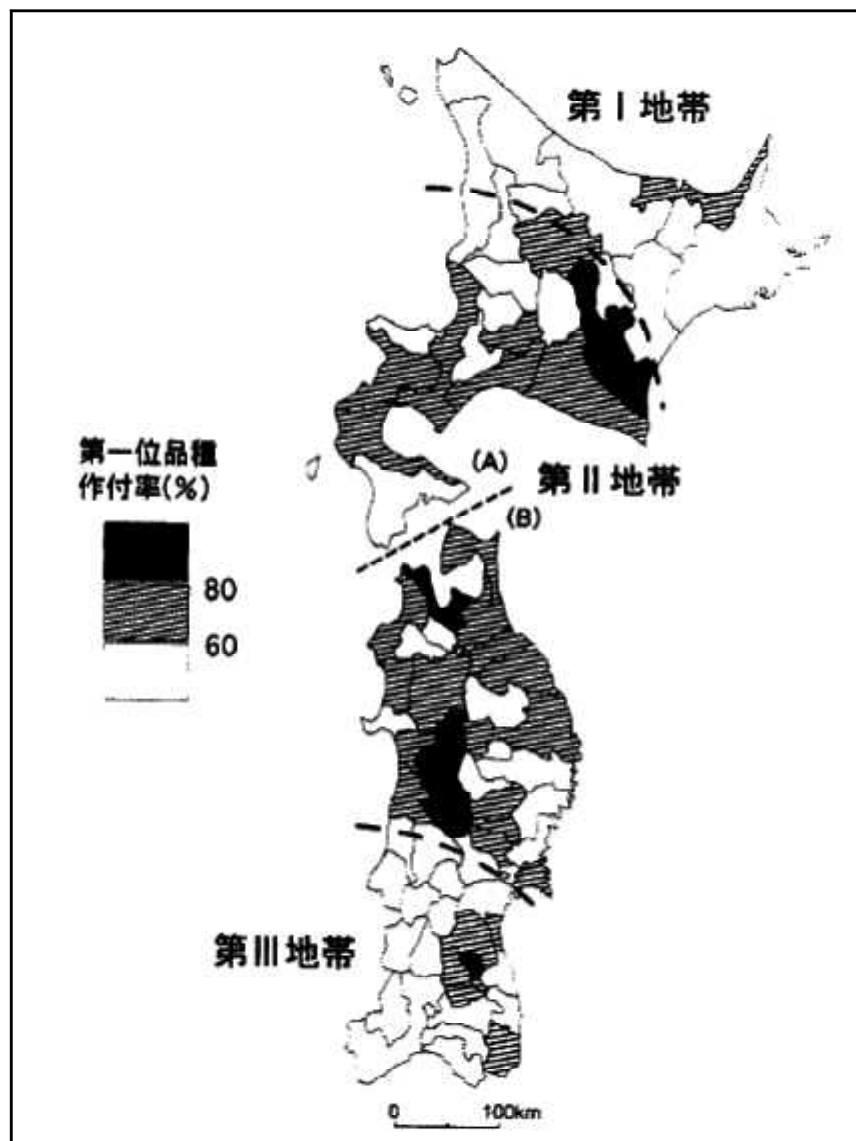
第 34 図：昭和 6 年 1 月 27 日および昭和 53 年 2 月 17 日の最低気温分布.

[小林 1979]



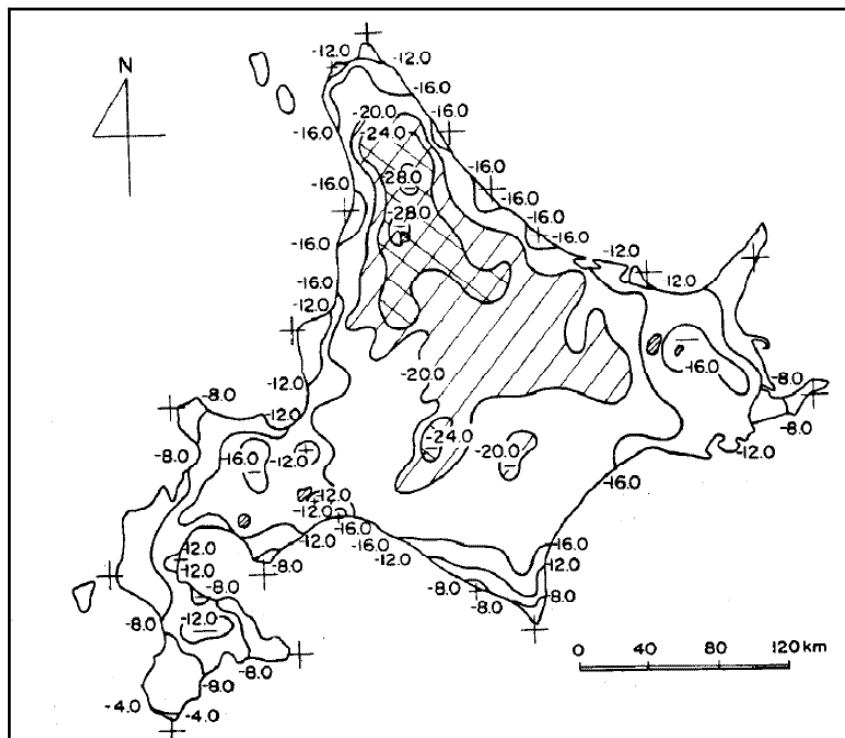
第 35 図：昭和 31 年 7、8 月平均気温 18℃以下の日数.

[村越 1957]



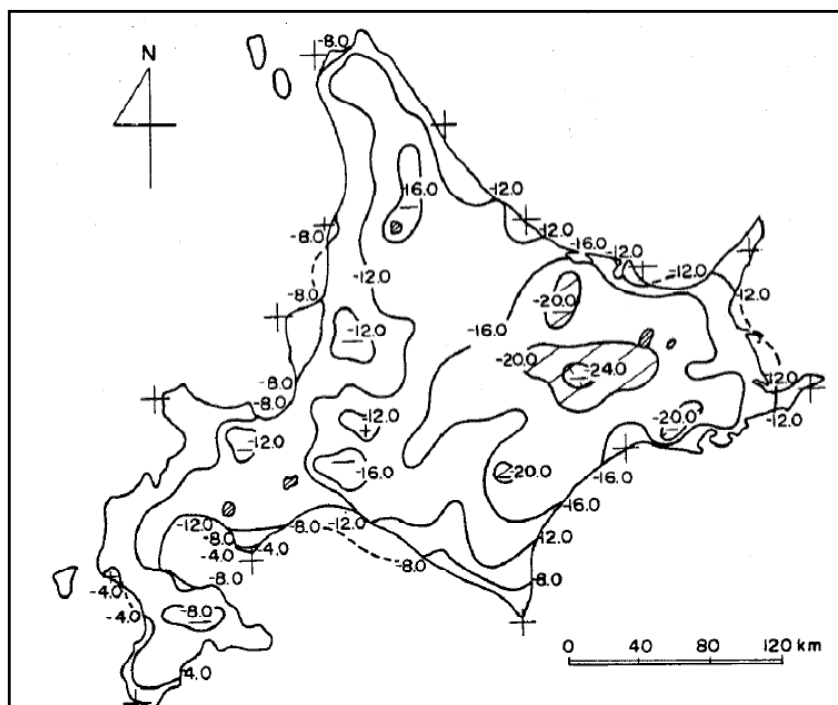
第 36 図：第 1 位品種の作付率からみた地域区分.

[元木 1999]



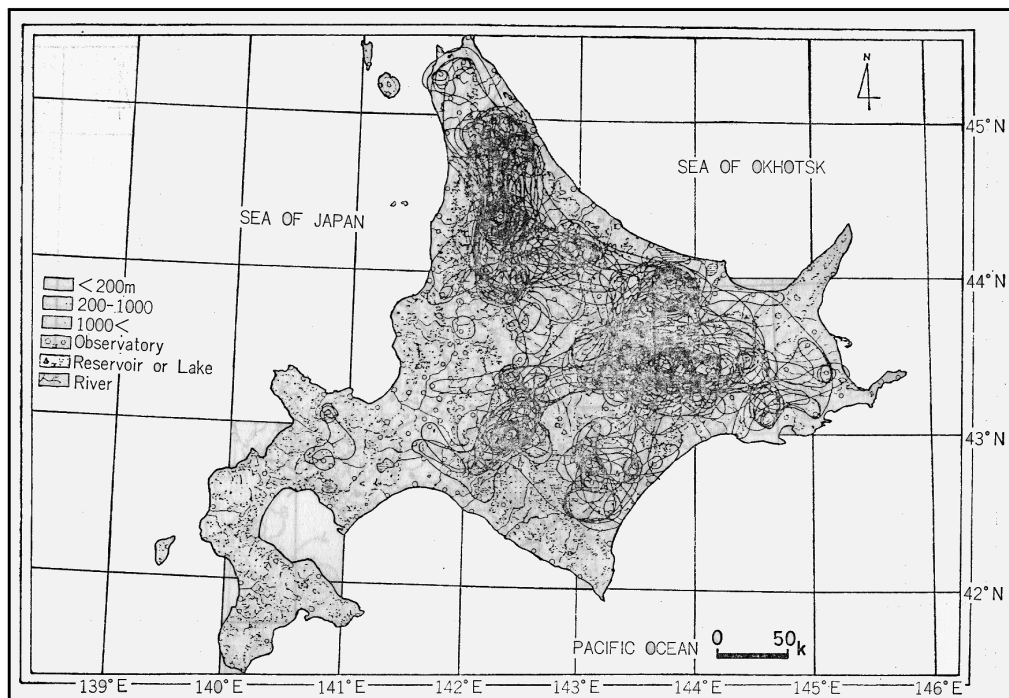
第 37 図－ a : Ia 型における最低気温の合成図.

[大和田・鈴木 1979]



第 37 図－ b : II a 型における最低気温の合成図.

[大和田・鈴木 1979]

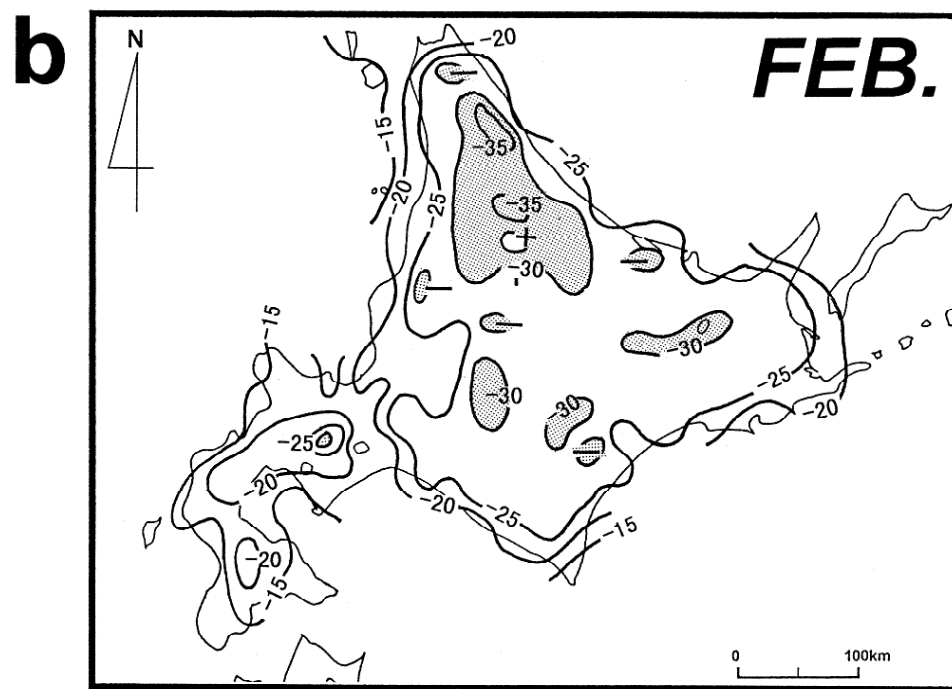
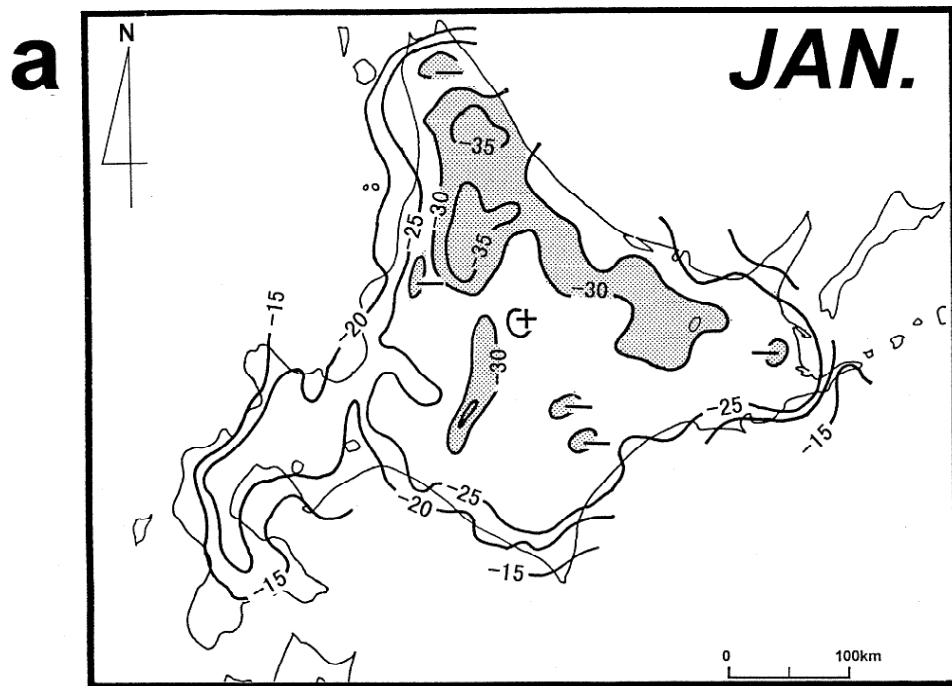


第 38 図：最低気温極小域の集積図.

[佐藤・金澤 1982]



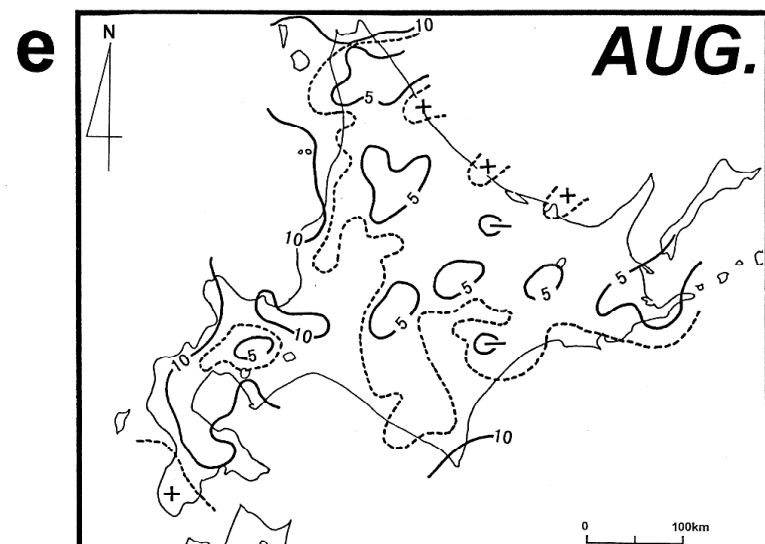
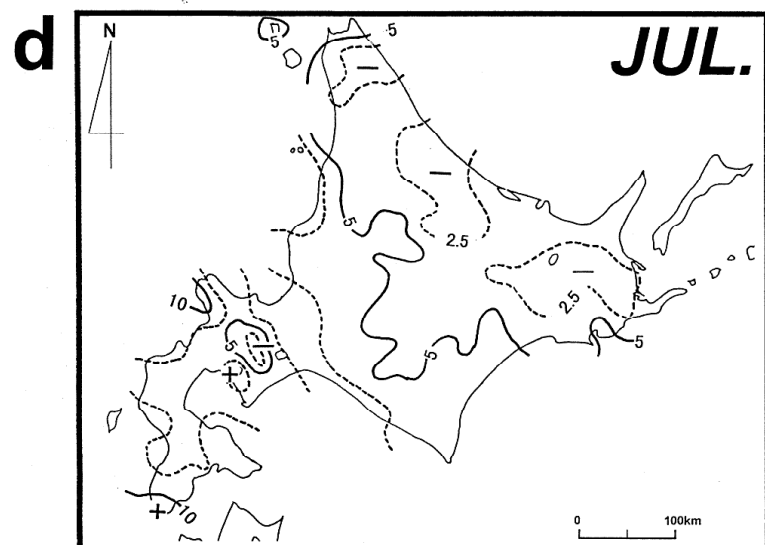
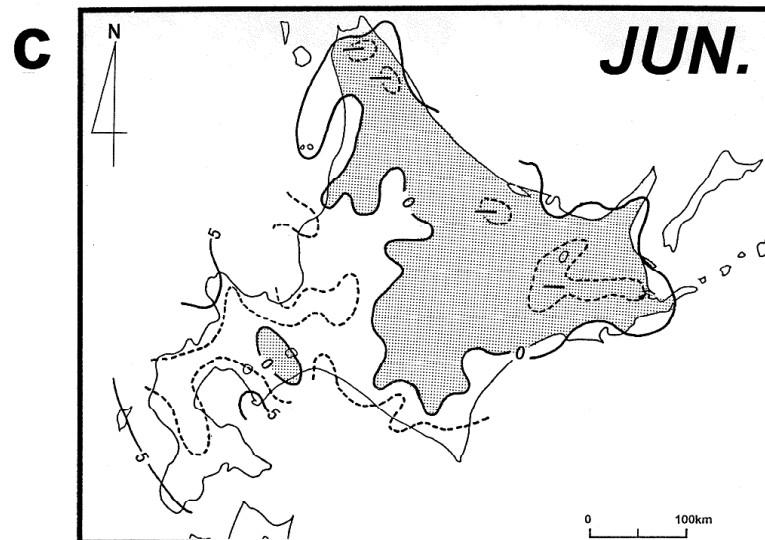




第 40 図：北海道における 1・2 月の月最低気温分布図（1979～1996 年のデータ：等温線間隔は 5℃で、鎖線は 2.5℃ずつ、ハッチされた部分は -30℃以下）。

第 40 図－a：1 月のケース。

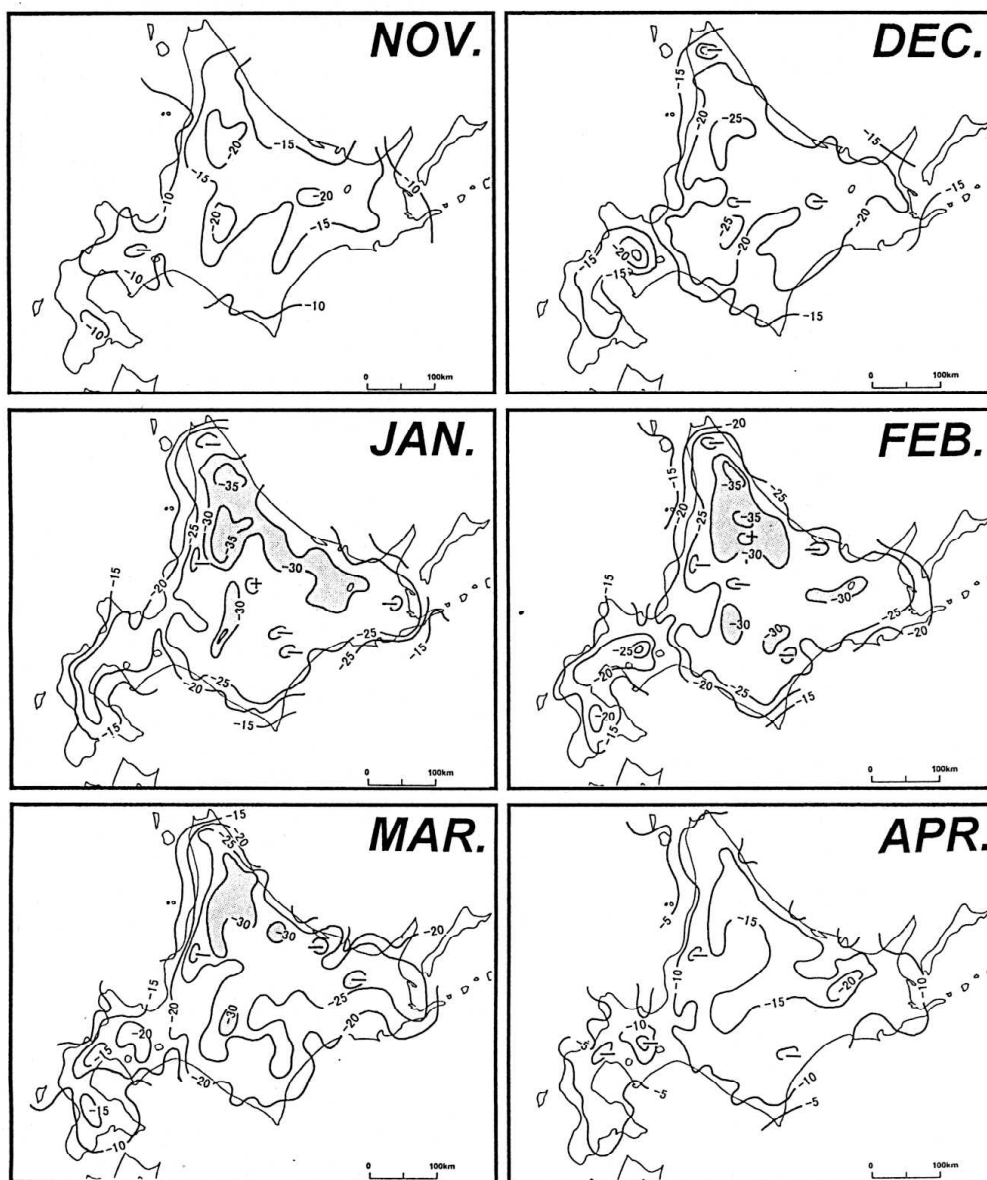
第 40 図－b：2 月のケース。



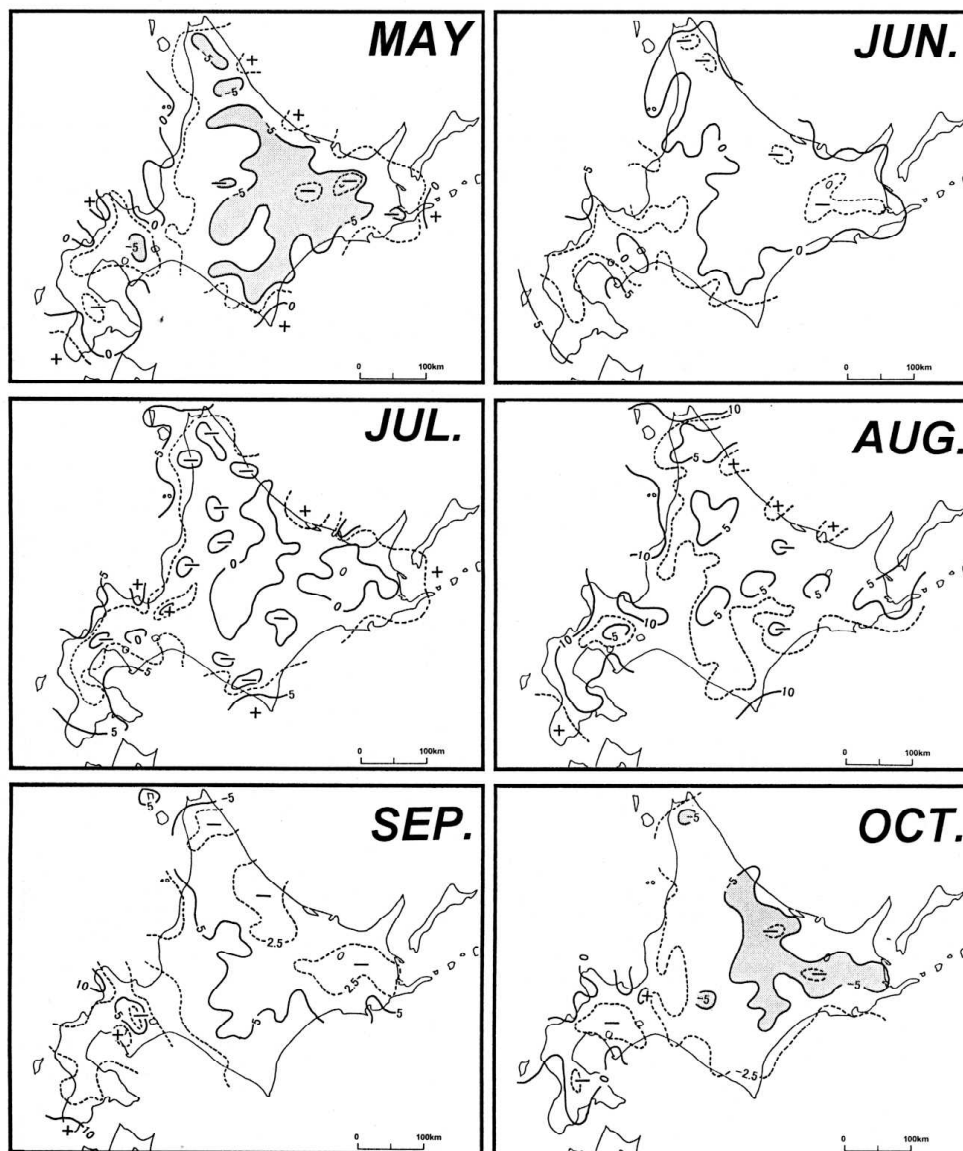
第 40 図－ c : 6 月のケース.

第 40 図－ d : 7 月のケース.

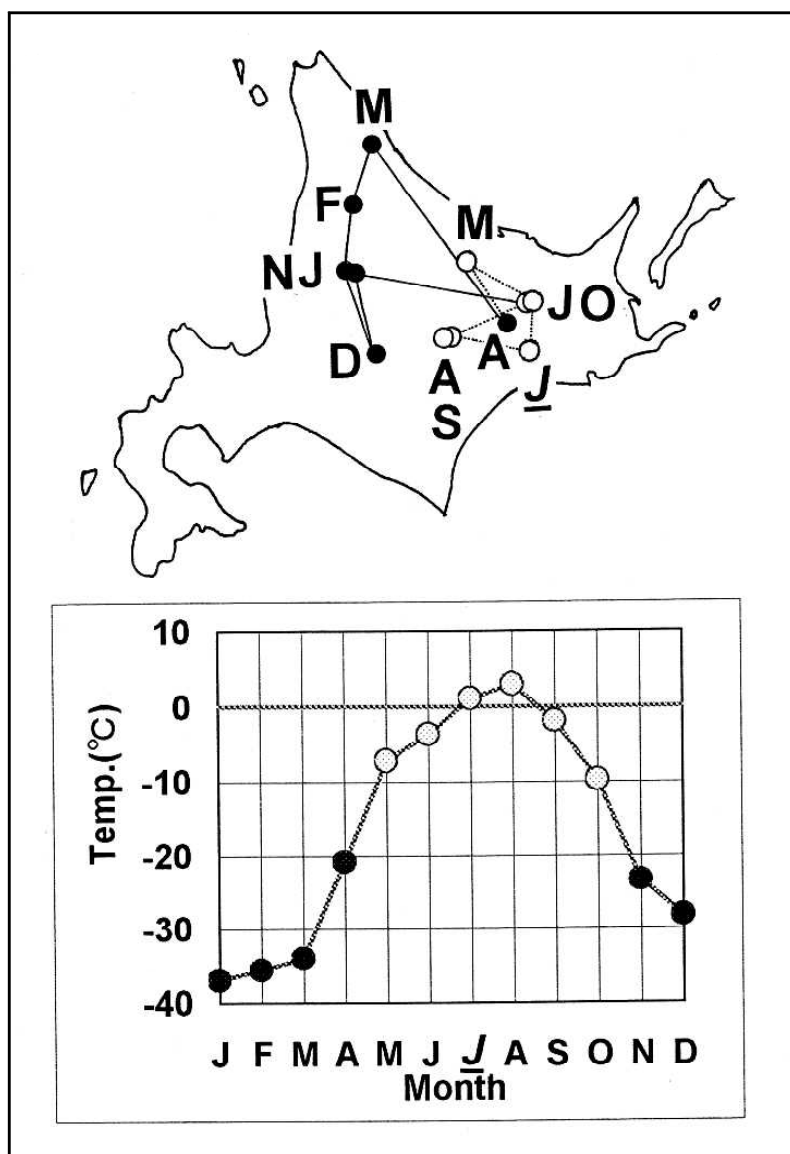
第 40 図－ e : 8 月のケース.



第 41 図：前掲の北海道における月最低気温分布（寒候期）.



第 42 図：前掲の北海道における月最低気温分布（暖候期）.

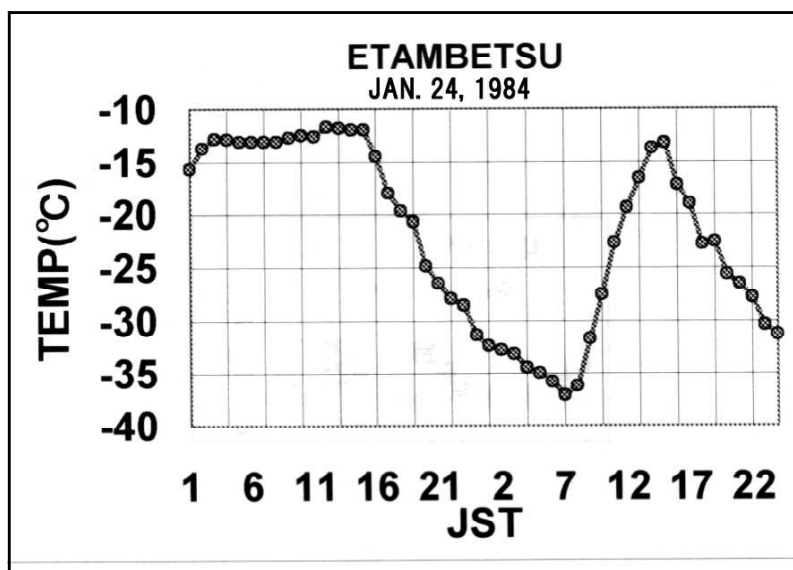


第 43 図：北海道で最低気温極値を記録する AMeDAS 分布図と、最低気温極値の月別最低値（1979 ～ 1996 年のデータによる）。

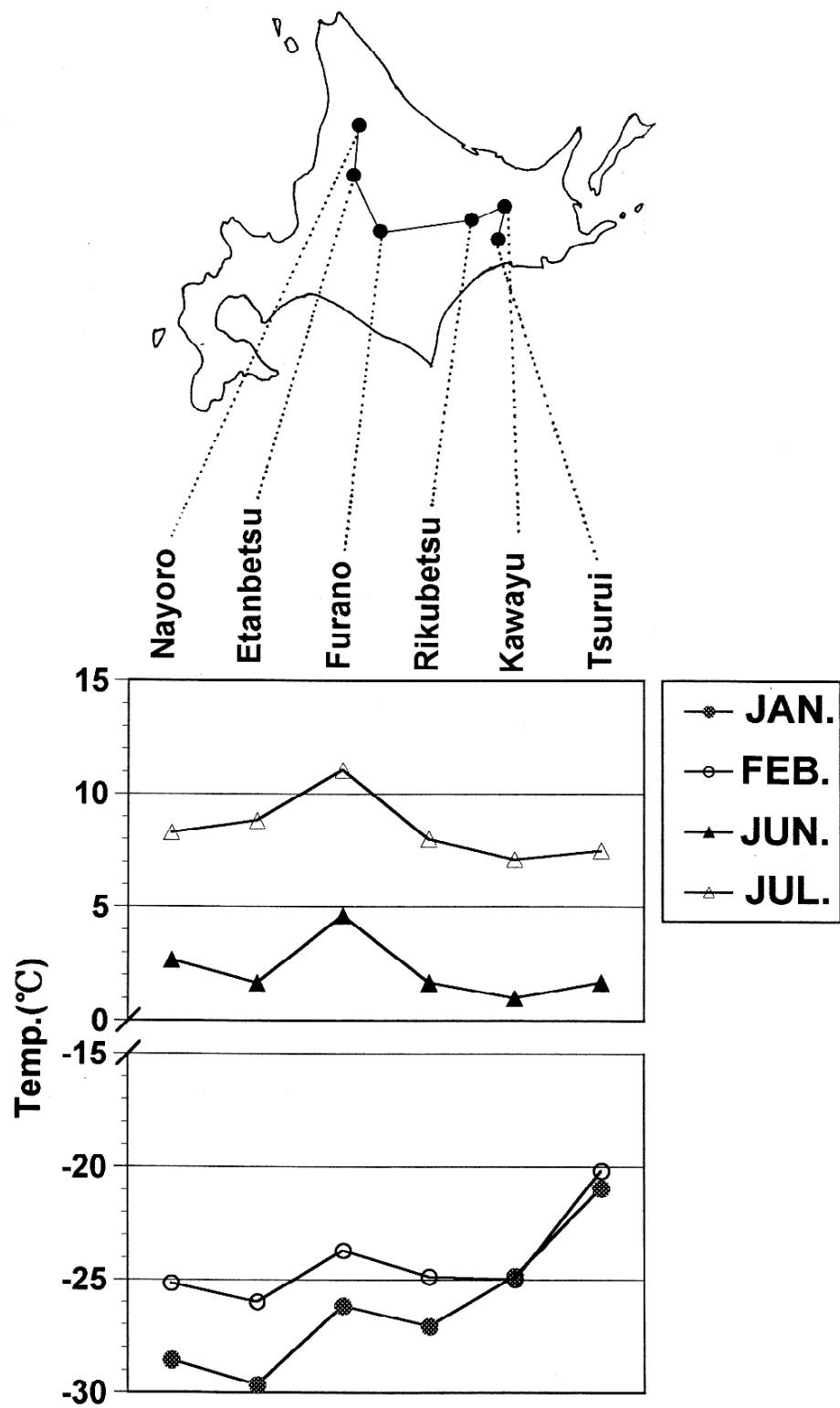


第 44 図：AMeDAS 江丹別.

[2006 年 8 月 10 日筆者撮影]

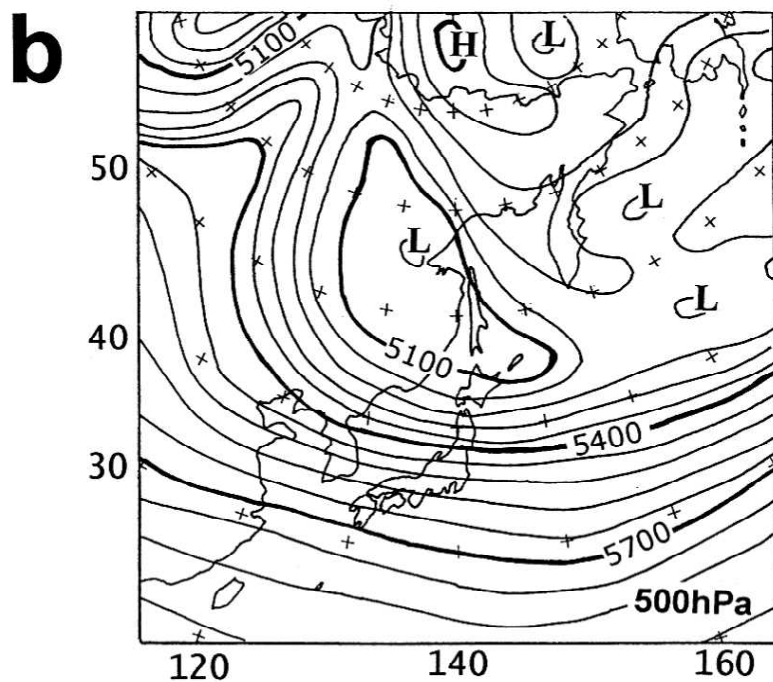
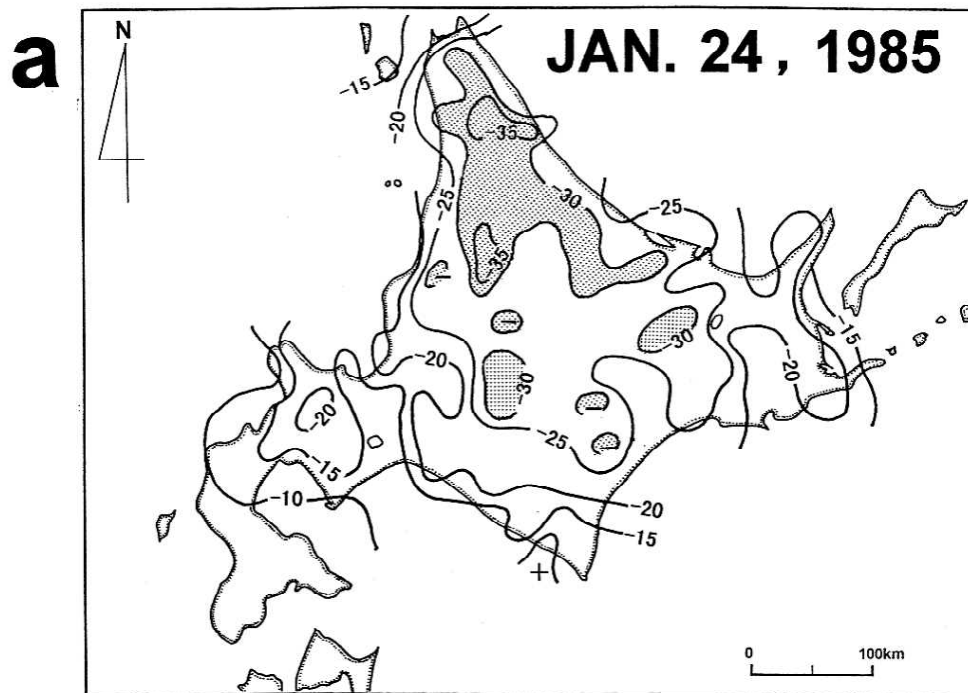


第 45 図：道内最低気温記録地である江丹別の記録当日の気温変化.



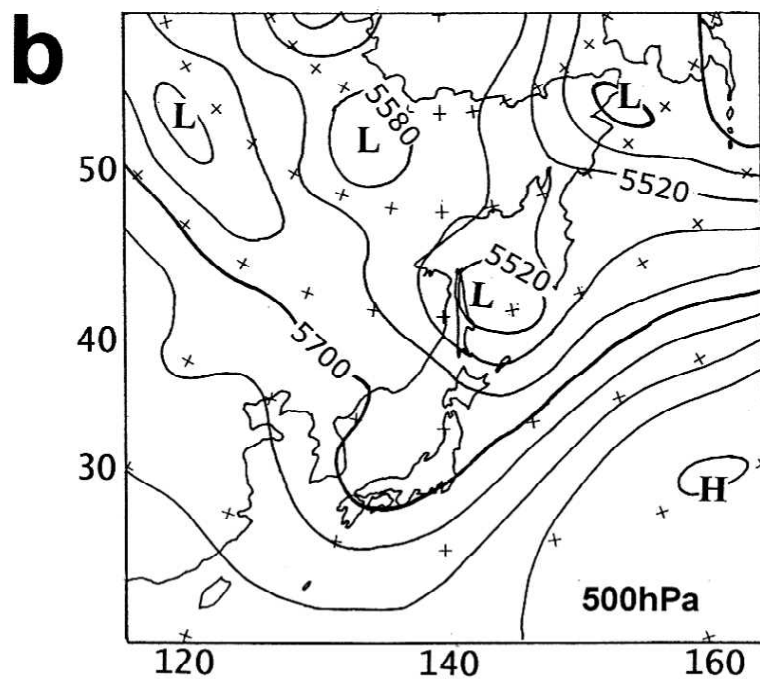
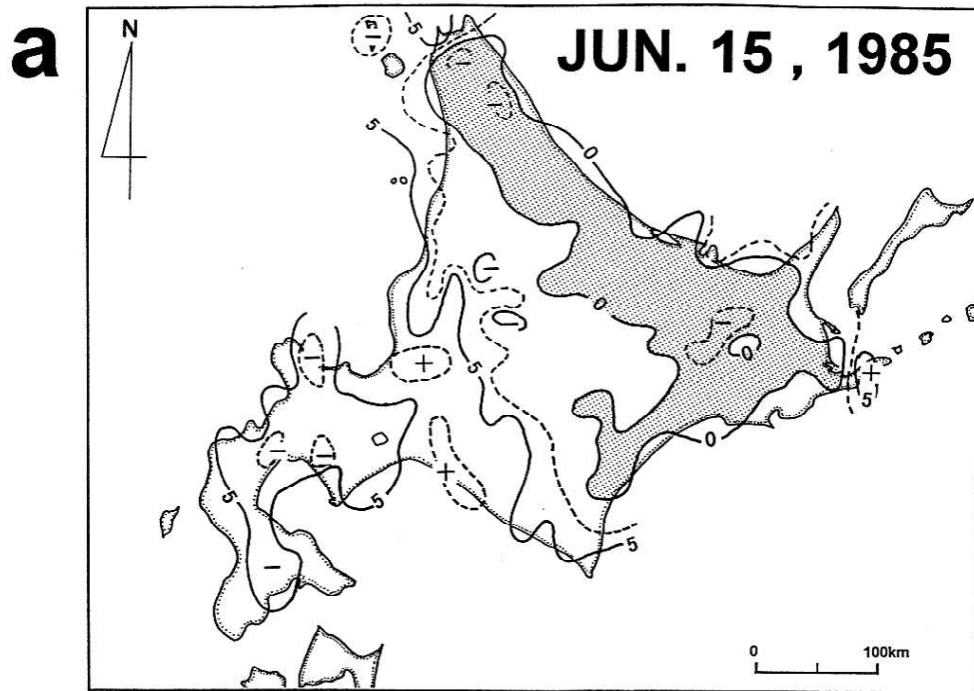
第 46 図：名寄、江丹別、富良野、陸別、川湯、鶴居の LTD における日最低気温の月別値（1・2 月と 6・7 月：地図は各地点を示す）.





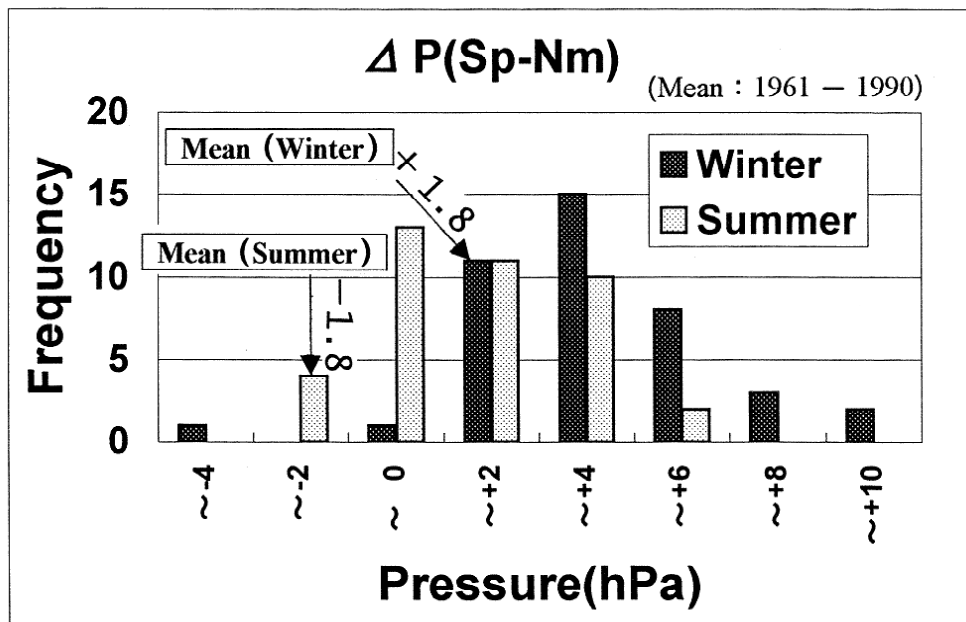
第 47 図－ a：典型的な冬期 LTD の日最低気温の空間分布図（1985 年 1 月 24 日のケース：単位は℃：等温線は 5℃間隔：ハッチされた領域は、 $-30^{\circ}\text{C}$  以下の区域）。

第 47 図－ b：前日 21 時 JST の 500hPa 面（gpm）等圧面天気図。

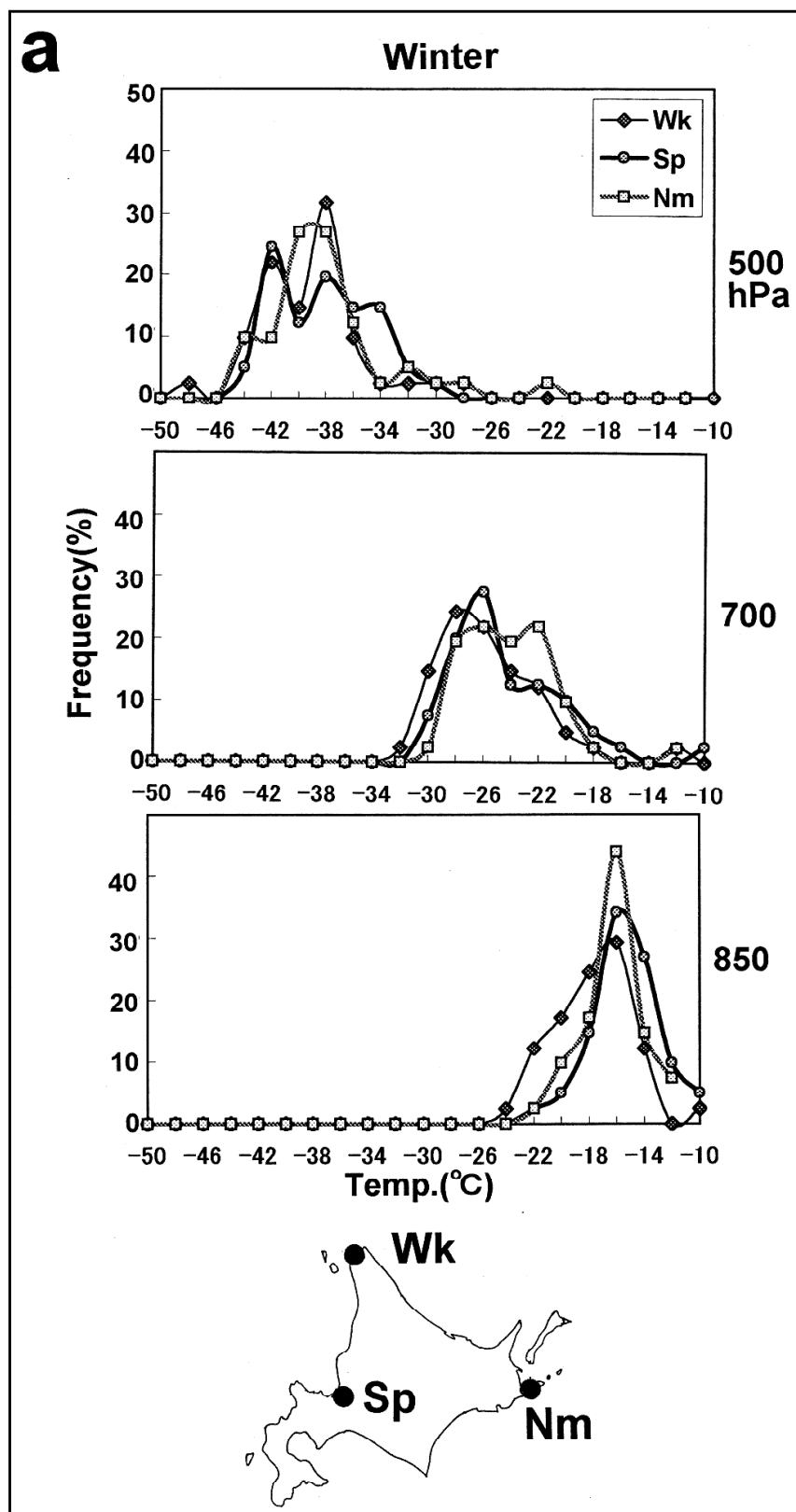


第 48 図－ a : 典型的な夏期 LTD の日最低気温の空間分布図 (1985 年 6 月 15 日のケース : 単位は℃ : 等温線は 5℃ 間隔で鎖線は 2.5℃ 間隔 : ハッチされた領域は、0℃ 以下の区域)。

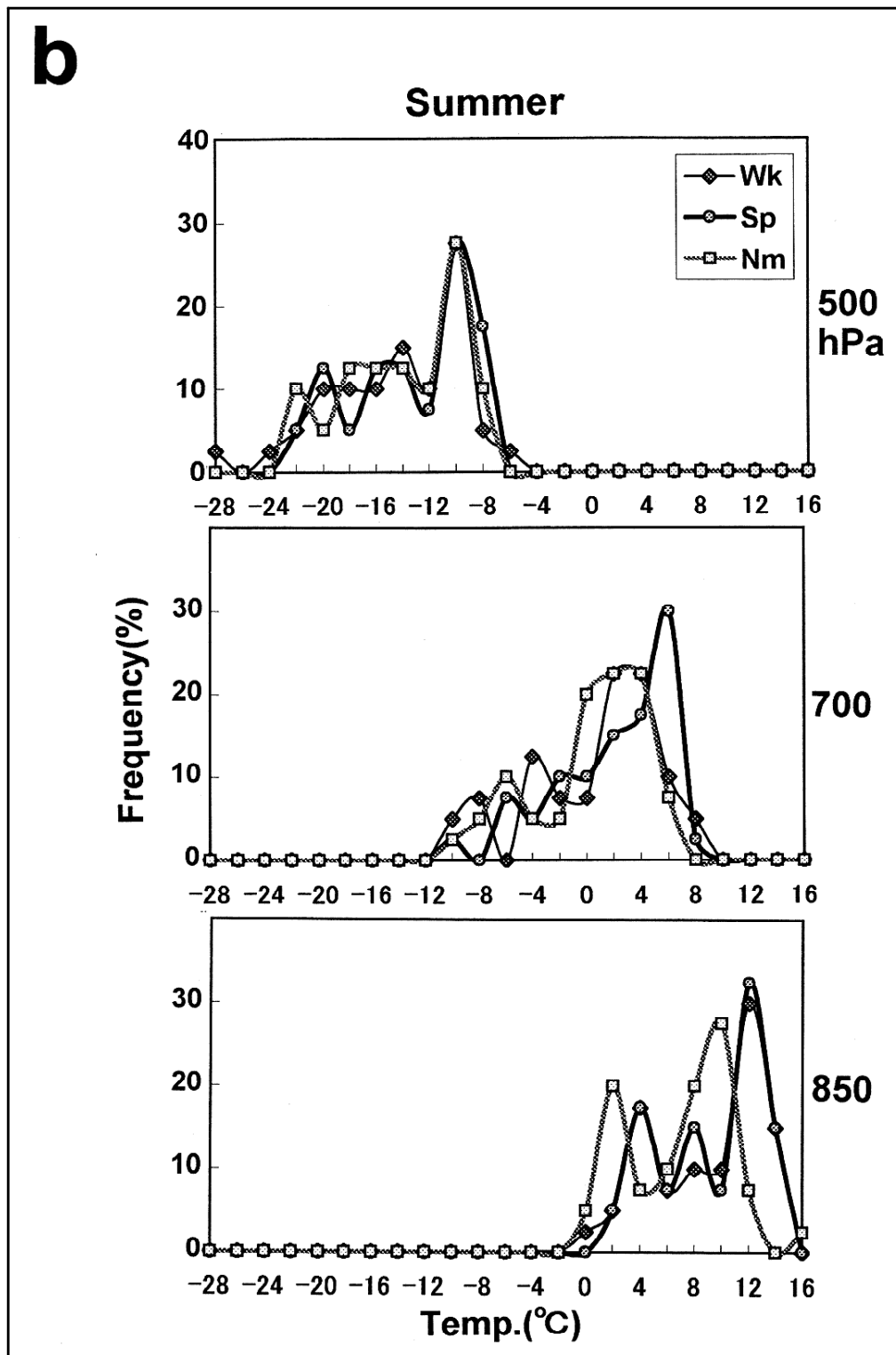
第 48 図－ b : 前日 21 時 JST の 500hPa 面 (gpm) 等圧面天気図。



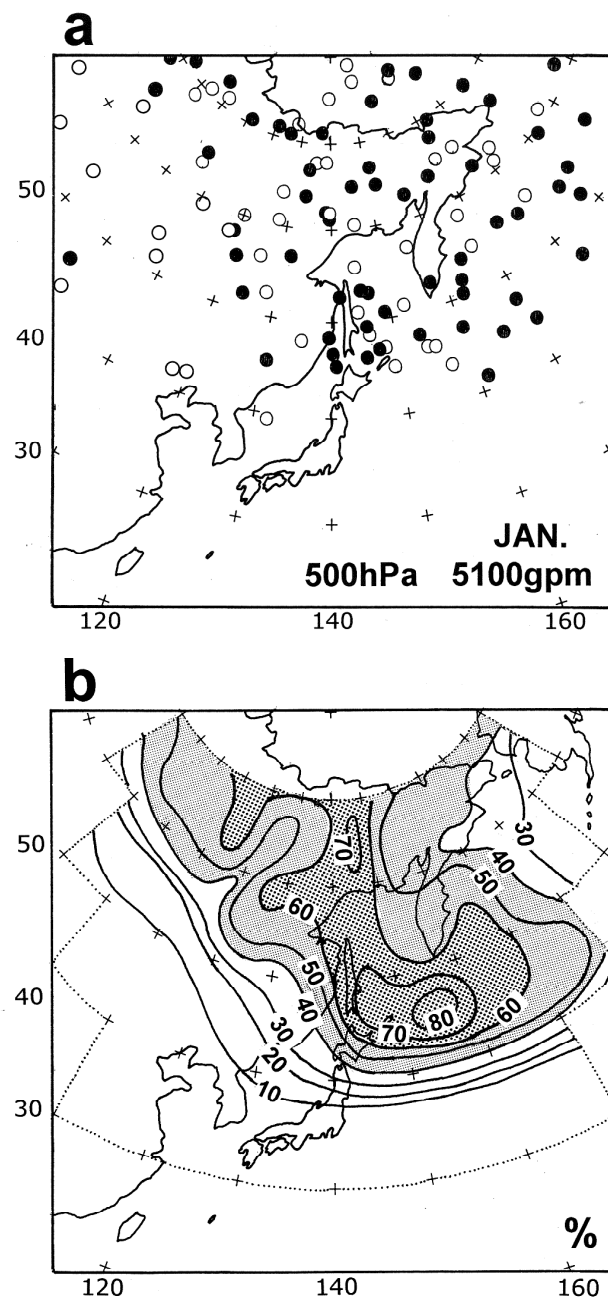
第 49 図：冬期（1・2 月）と夏期（6・7 月）それぞれの LTD における札幌と根室の等圧面気圧の差異.



第 50 図：冬期 LTD の稚内（Wk）、札幌（Sp）、根室（Nm）における各指定面高度の気温の出現頻度。



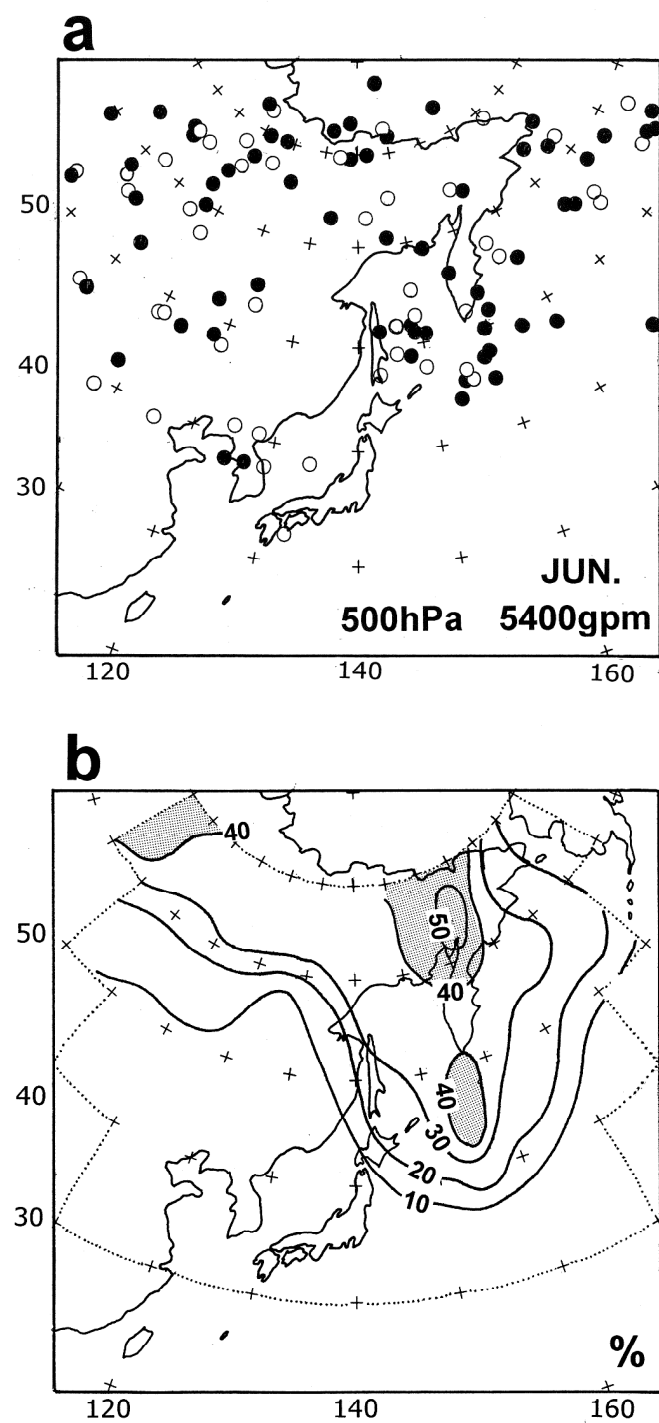
第 51 図：夏期 LTD の稚内（Wk）、札幌（Sp）、根室（Nm）における各指定面高度の気温の出現頻度.



第 52 図－ a : 1 月の LTD の 500hPa 面における低気圧と高気圧の分布図

●が低気圧、○が高気圧.

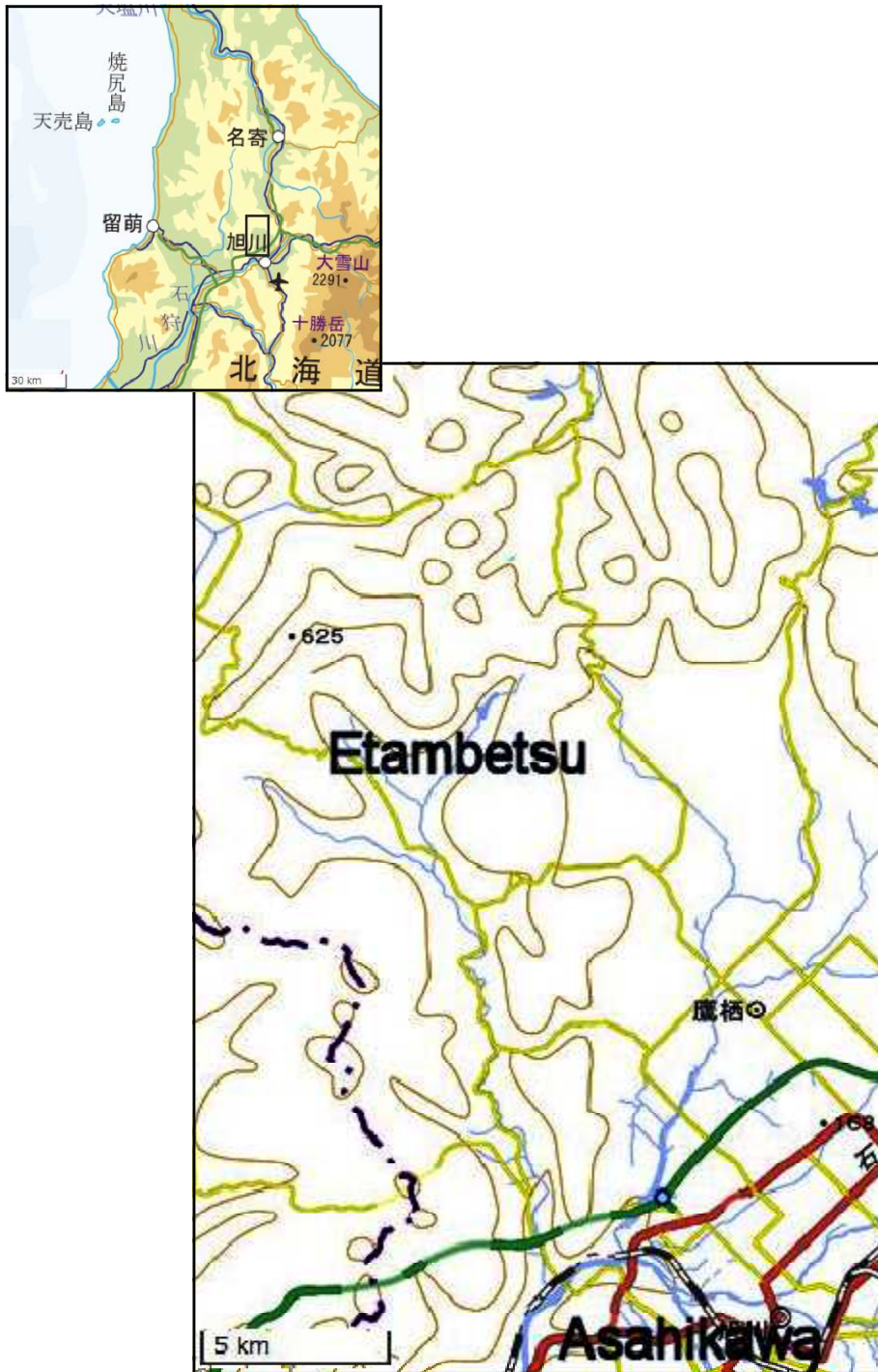
－ b : 1 月の LTD の 500hPa 面における 5100gpm の出現頻度分布図.



第 53 図－ a : 6 月の LTD の 500hPa 面における低気圧と高気圧の分布図

●が低気圧、○が高気圧.

－ b : 6 月の LTD の 500hPa 面における 5400gpm の出現頻度分布図.

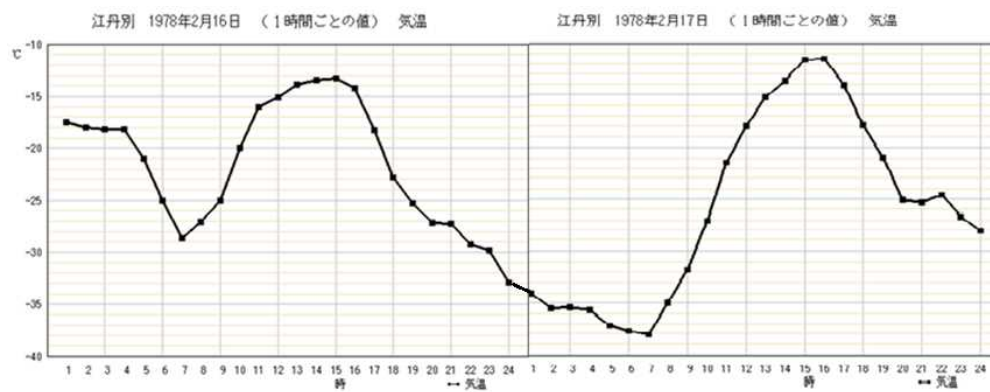


第 54 図：旭川市江丹別の位置図。

[国土地理院のホームページによる]



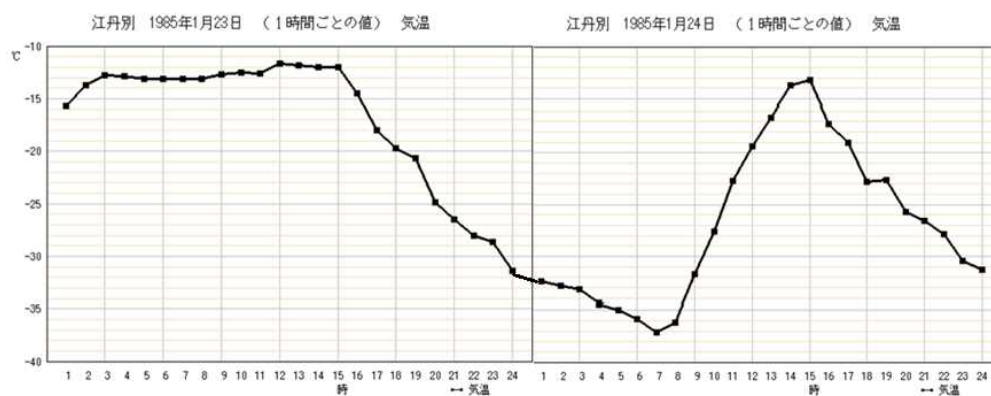
【Case A】



第 55 図： ケース A の AMeDAS 江丹別の時別気温変化推移.

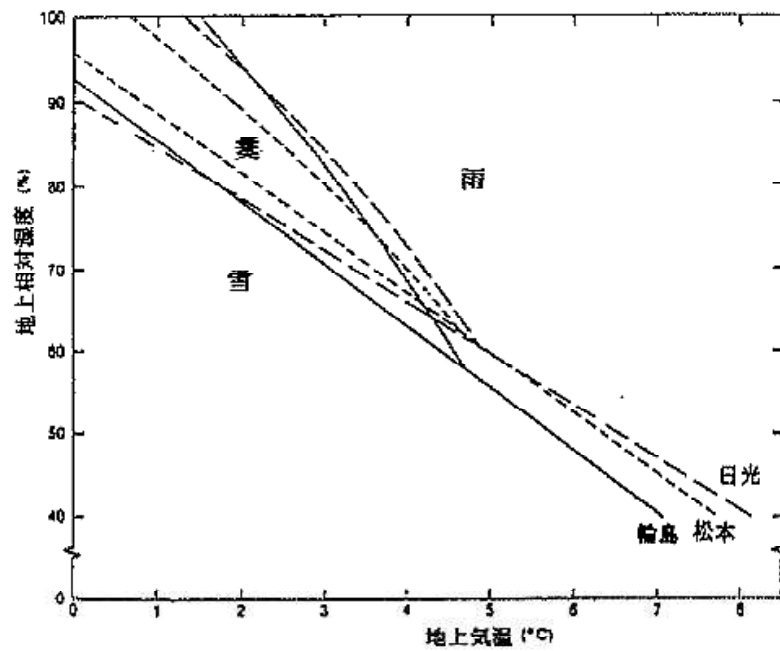
[気象庁 気象統計情報のホームページから抽出]

【Case B】



第 56 図：ケース B の AMeDAS 江丹別の時別気温変化推移.

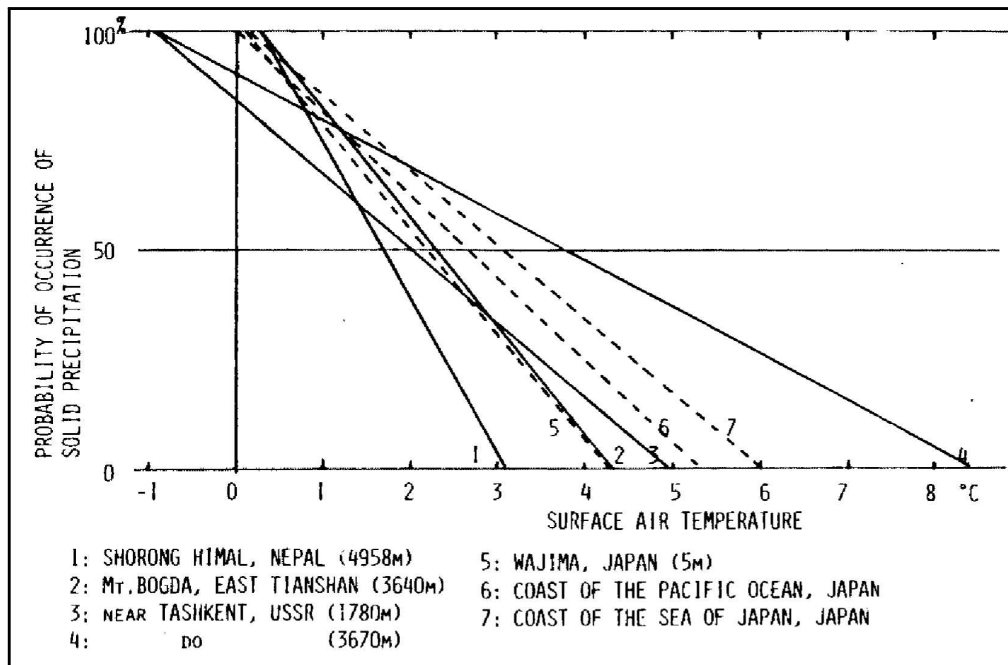
[気象庁 気象統計情報のホームページから抽出]



第 57 図：地上の降水の型（雪、霰、雨）と気温と相対湿度との関係（3 地点：輪島、日光、松本）。

※上記 3 地点において降水の型を分ける曲線が示されている（実線：輪島、短い破線：松本、長い破線：日光）。雪の領域では雨だけが観測される。霰の領域では雨と雪が同時に観測される。

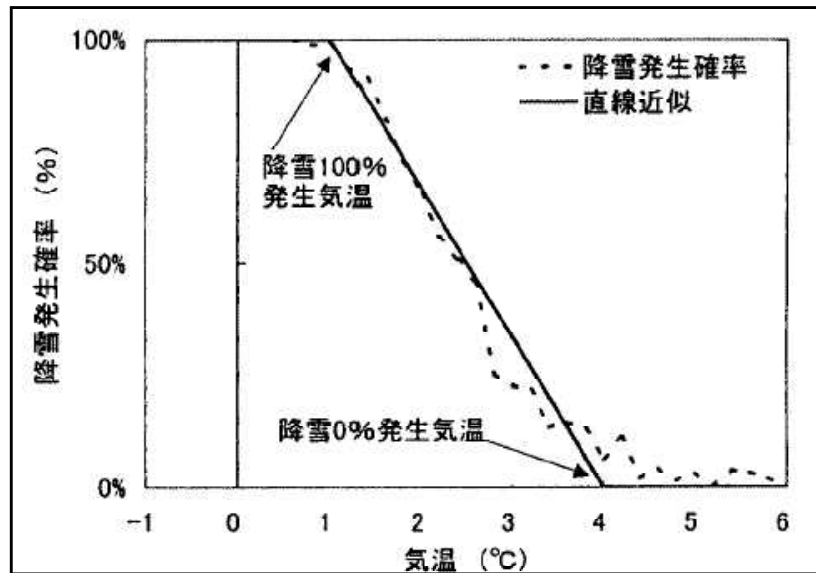
[松尾 2001]



第 58 図：固体降水確率と地表面気温との関係．

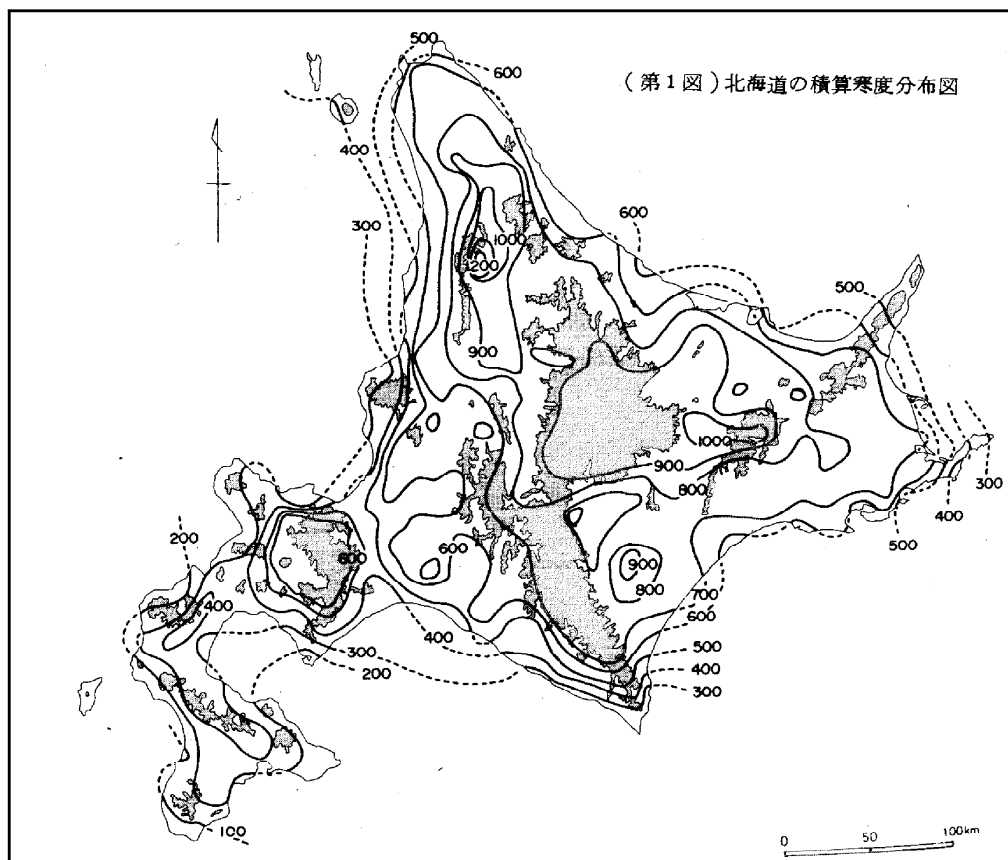
（実線はアジア大陸内陸部・鎖線は日本）

[Ageta and Higuchi 1984]



第 59 図：降雪発生確率と気温の関係（札幌気象官署）。

[水津 2001]



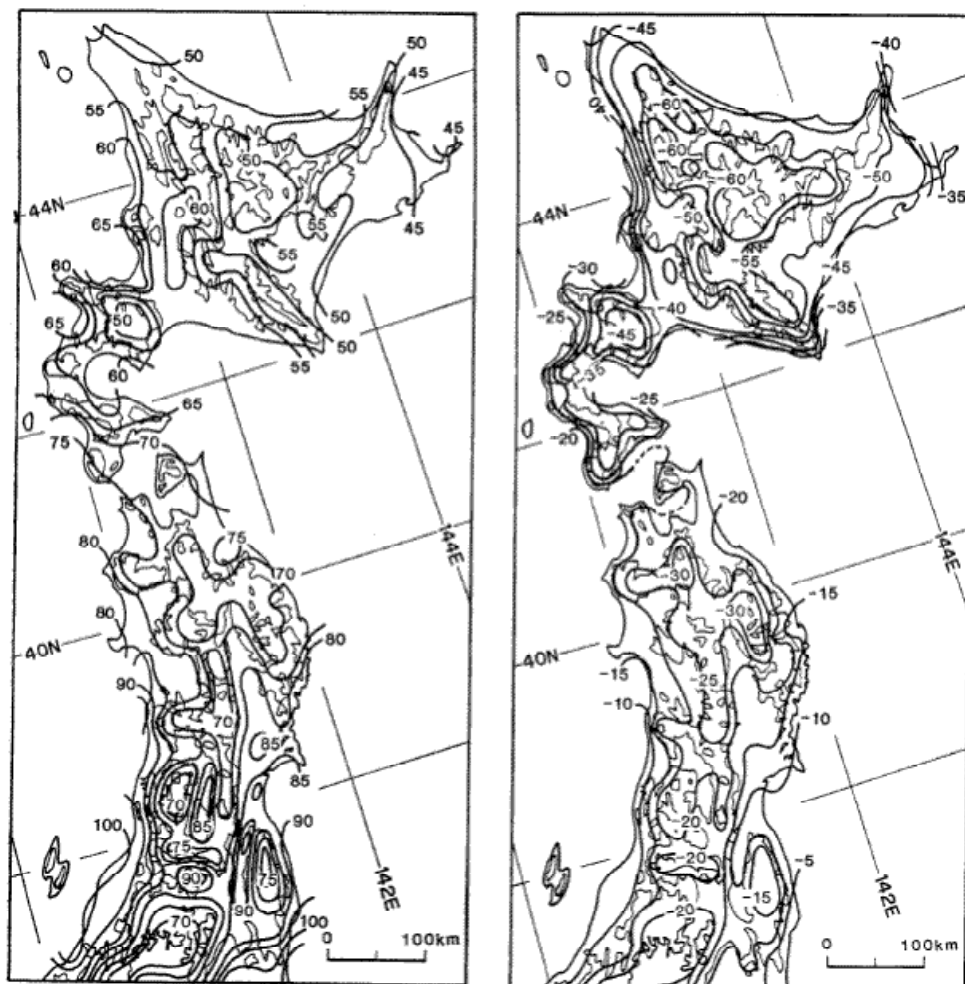
第 60 図：北海道の積算寒度分布図.

[田淵 1970]



第 61 図：東北地方の積算寒度分布図.

[田淵 1970]

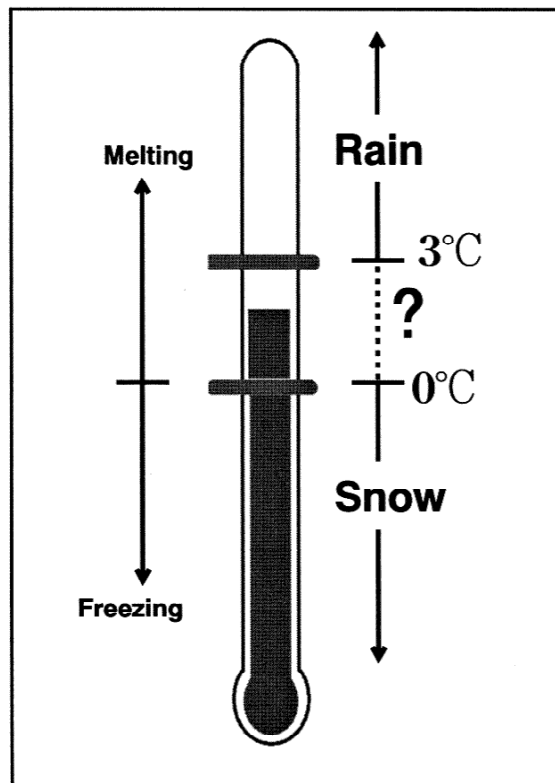


第 62 図：暖かさの指数（左）．寒さの指数（右）．

（等値線間隔 5℃ 等高線 300 m、1000 m）

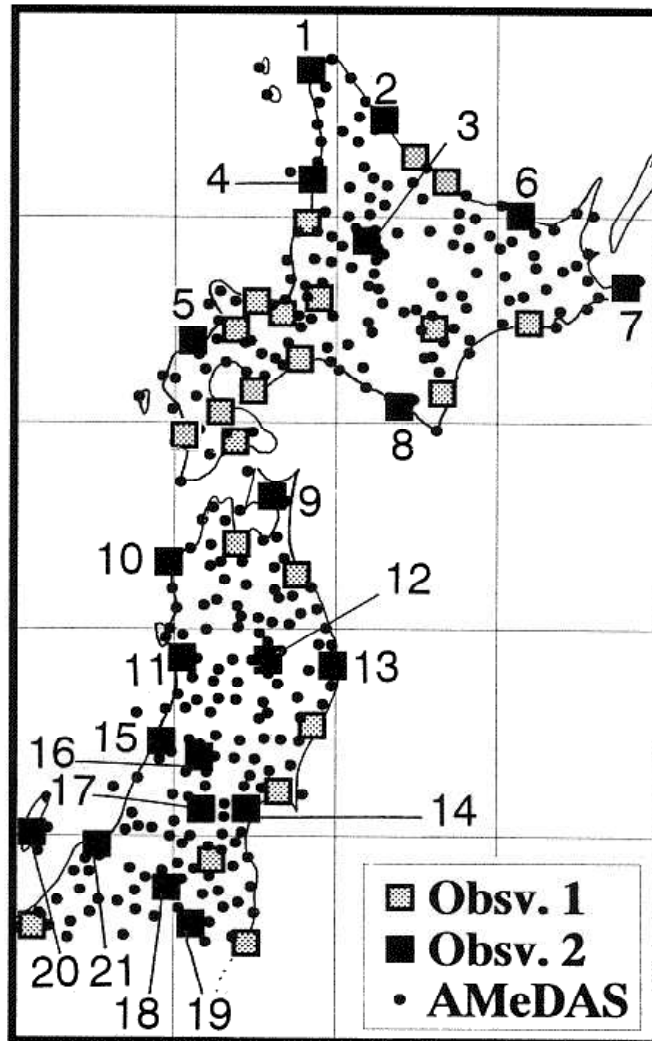
〔青山 1986〕





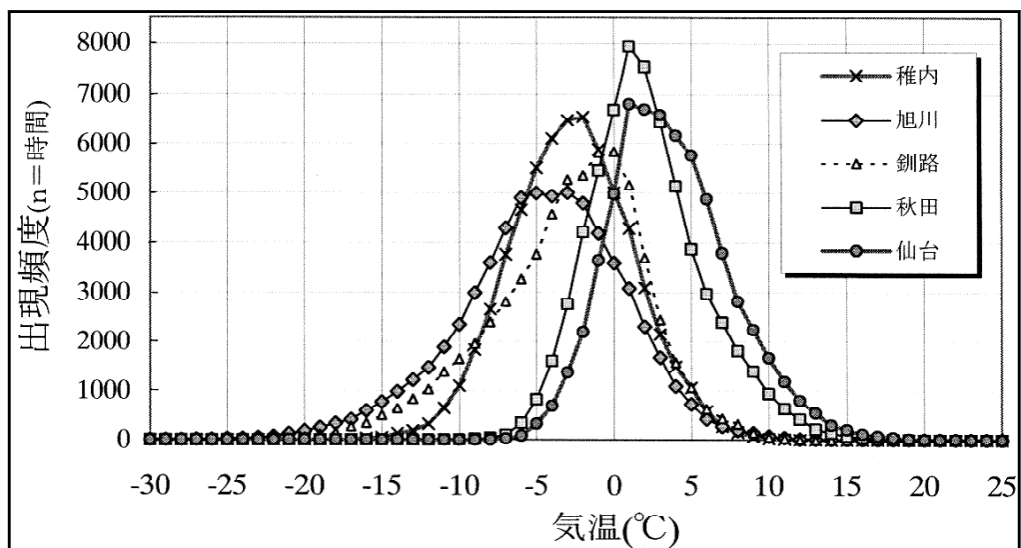
第 63 図：2 つの閾値・0℃および3℃の意味.

(0℃以下は100%降雪が期待できる。3℃以上は100%雨になる。？は0～3℃の領域を表す。この領域は、地表面においては凍結温度となるものの、雨雪判別が困難である。)

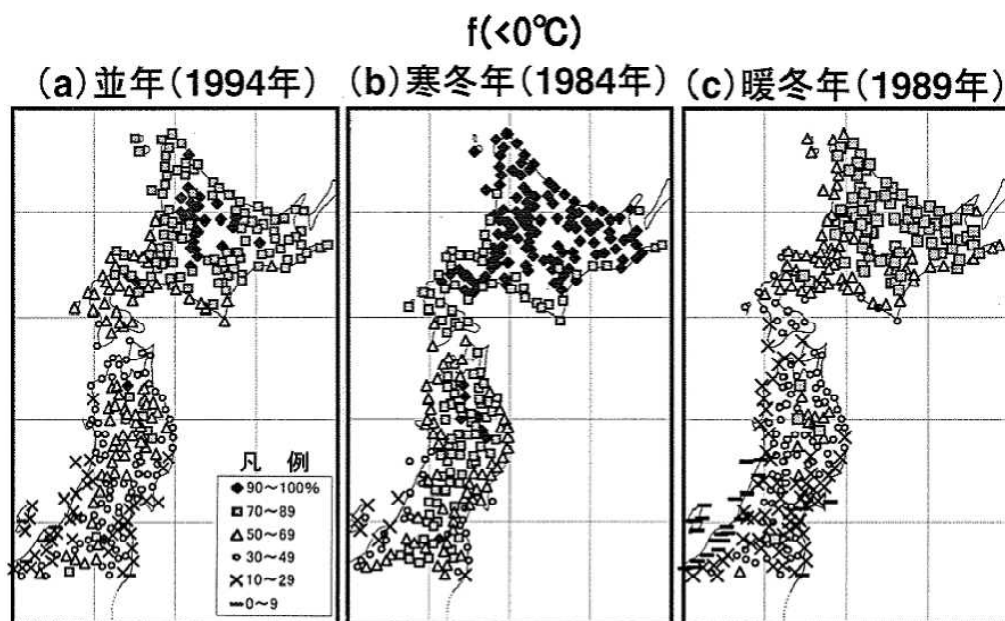


第 64 図：本章での観測対象地点図.

(Obsv.1 と Obsv.2 両方併せて気象官署を示す。うち Obsv.2 が第 10 表に示した地点。小さい黒丸は AMeDAS の分布を示す。)

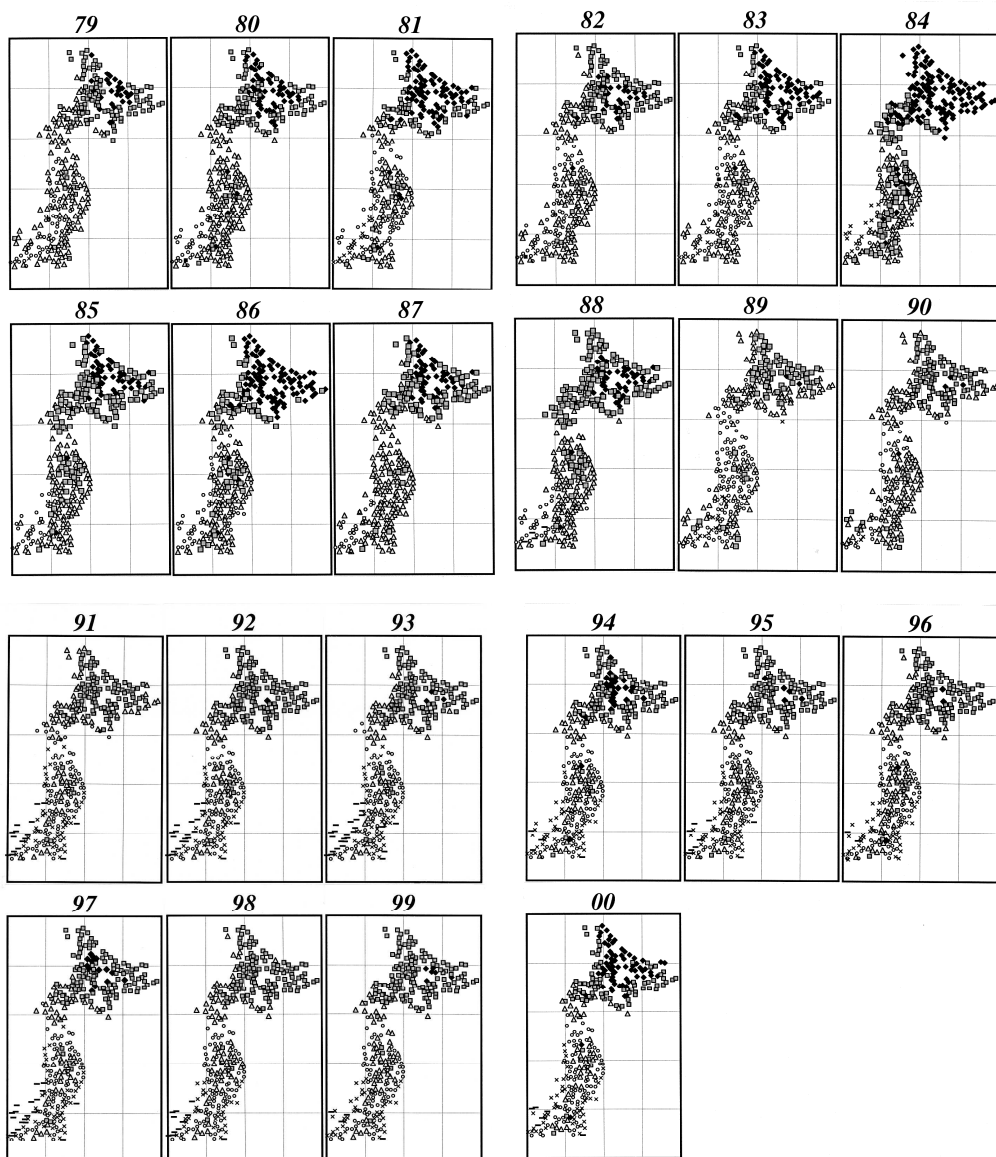


第 65 図：気象官署 5 地点における解析対象全時間の気温頻度分布  
(1979 ～ 2000 年の全てのデータで階級は 1 °C ごと)。



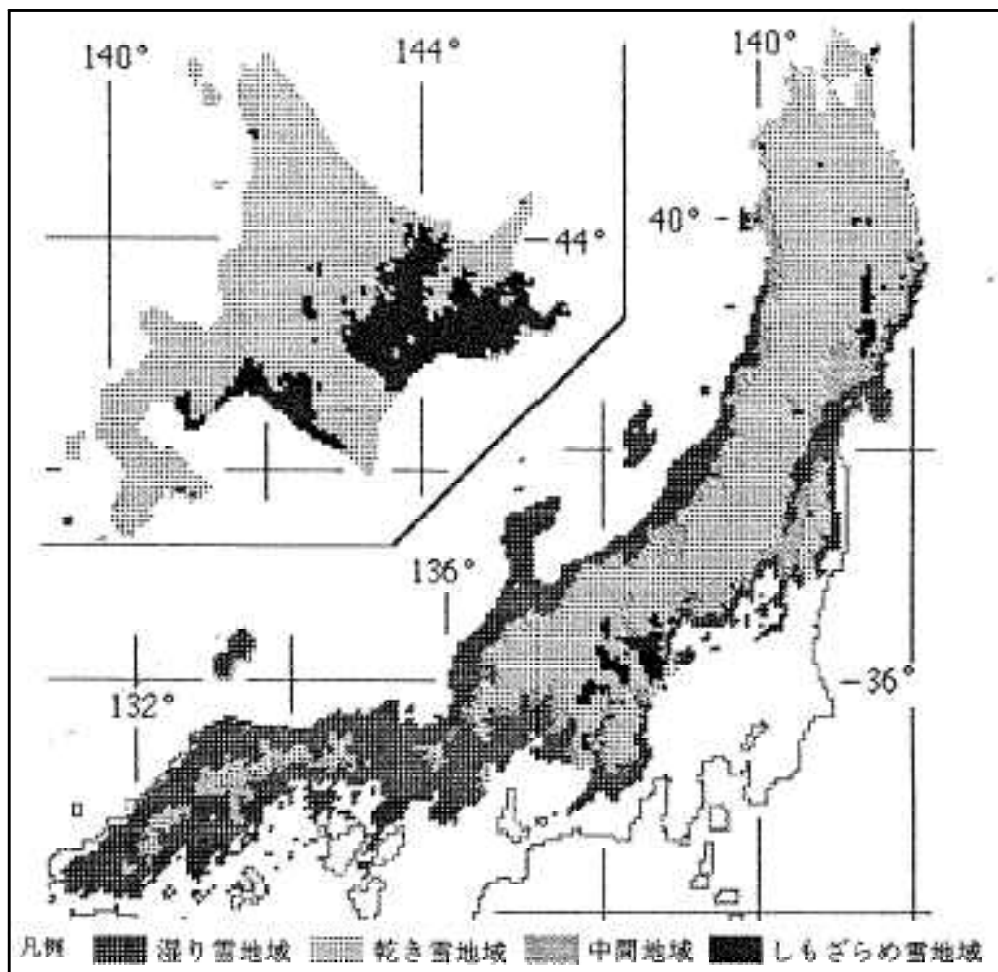
第 66 図：並年・寒冬年・暖冬年における  $f(<0^{\circ}\text{C})$  の空間分布.

(a) 並年(1994 年)、(b) 寒冬年(1984 年)、(c) 暖冬年(1989 年)



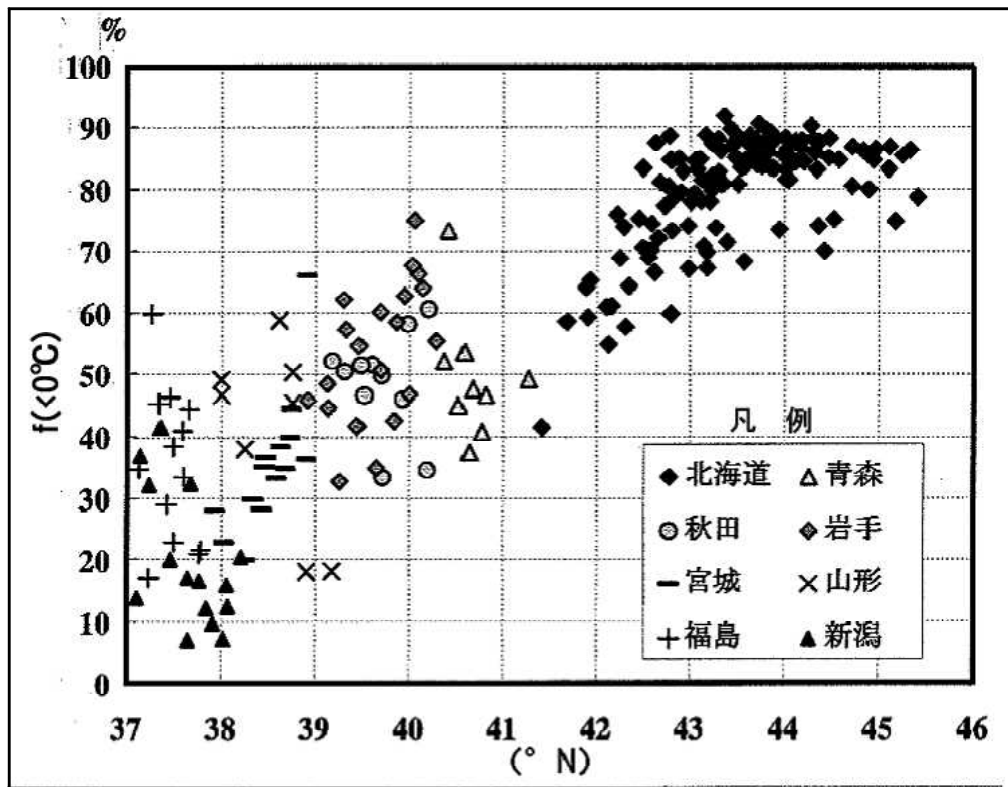
第 67 図 : 1979 ～ 2000 年まで各年の  $f(< 0\text{ }^{\circ}\text{C})$  の空間分布.

(凡例は第 66 図と同じ)

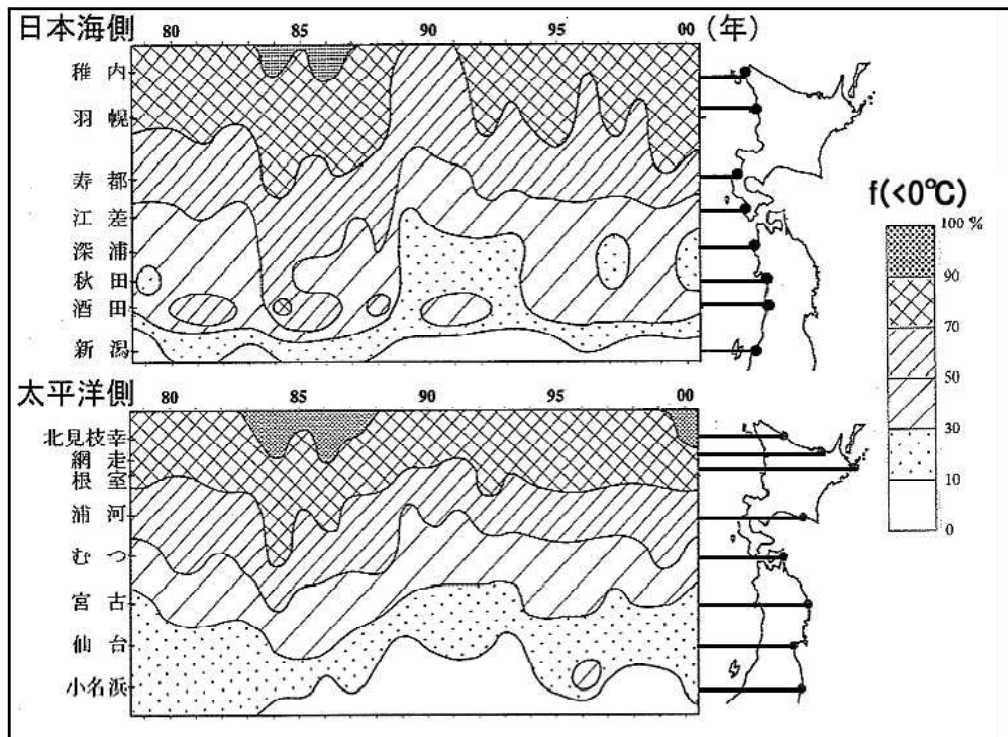


第 68 図：日本の推定雪質分布図.

[石坂 1996]



第 69 図 :  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  と緯度との関係.



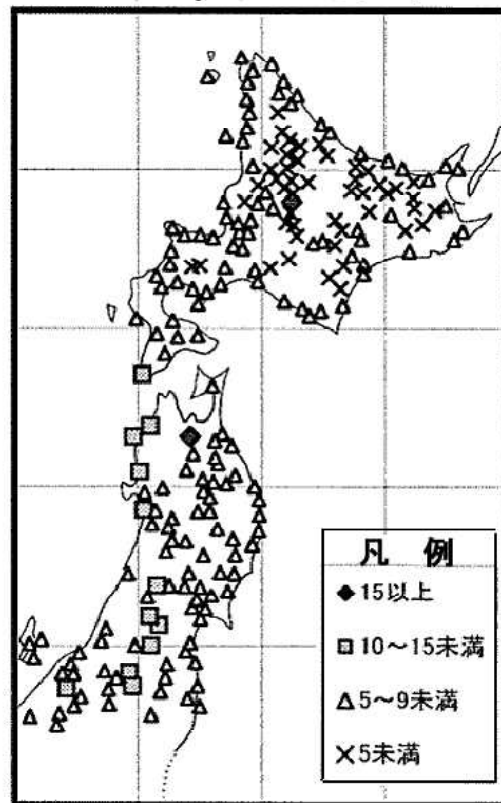
第 70 図 :  $f(<0^{\circ}\text{C})$  のアイソプレス (横軸 : 年次).

日本海側: 稚内・羽幌・寿都・江差・深浦・秋田・酒田・新潟

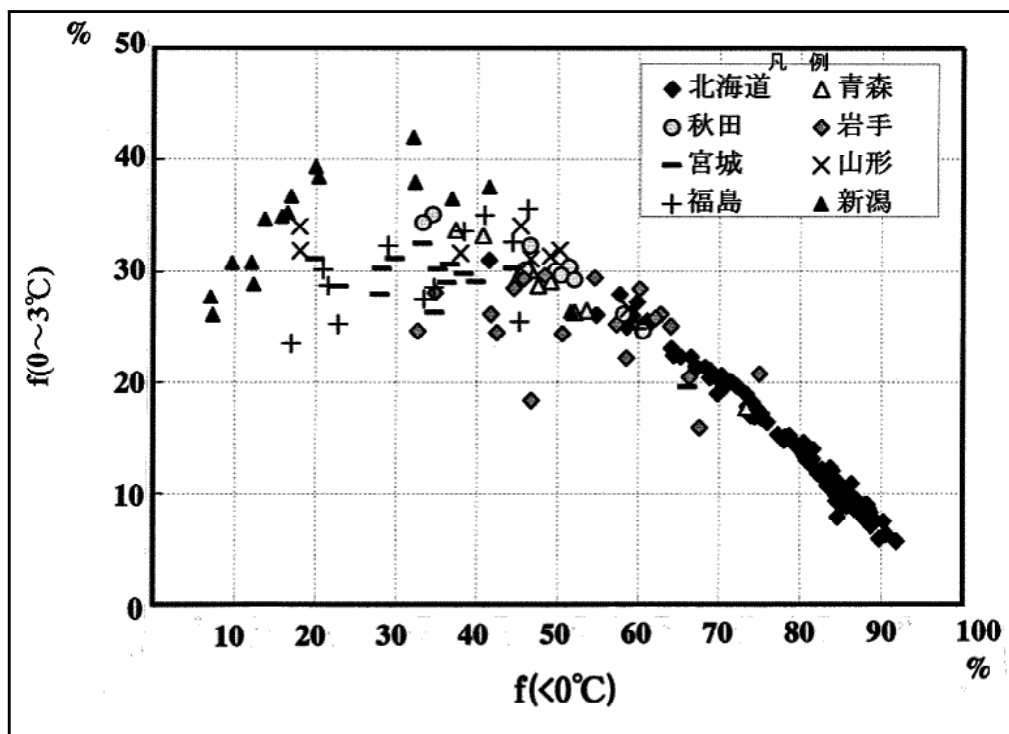
太平洋側: 北見枝幸・網走・根室・浦河・宮古・仙台・小名浜



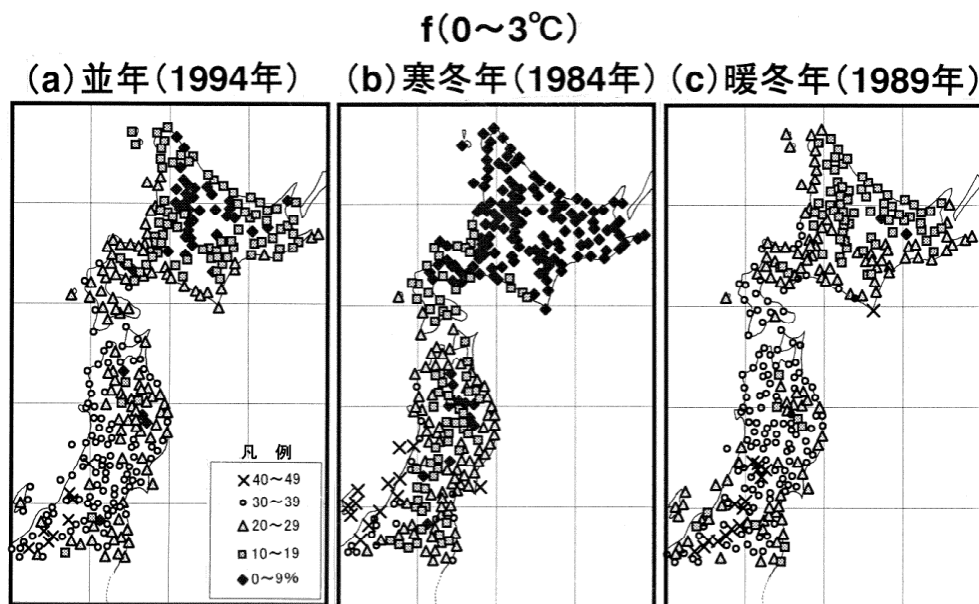
**$f(<0^{\circ}\text{C})$  S.D.(%)**



第 71 図 :  $f(<0^{\circ}\text{C})$  の経年変動における標準偏差の空間分布.

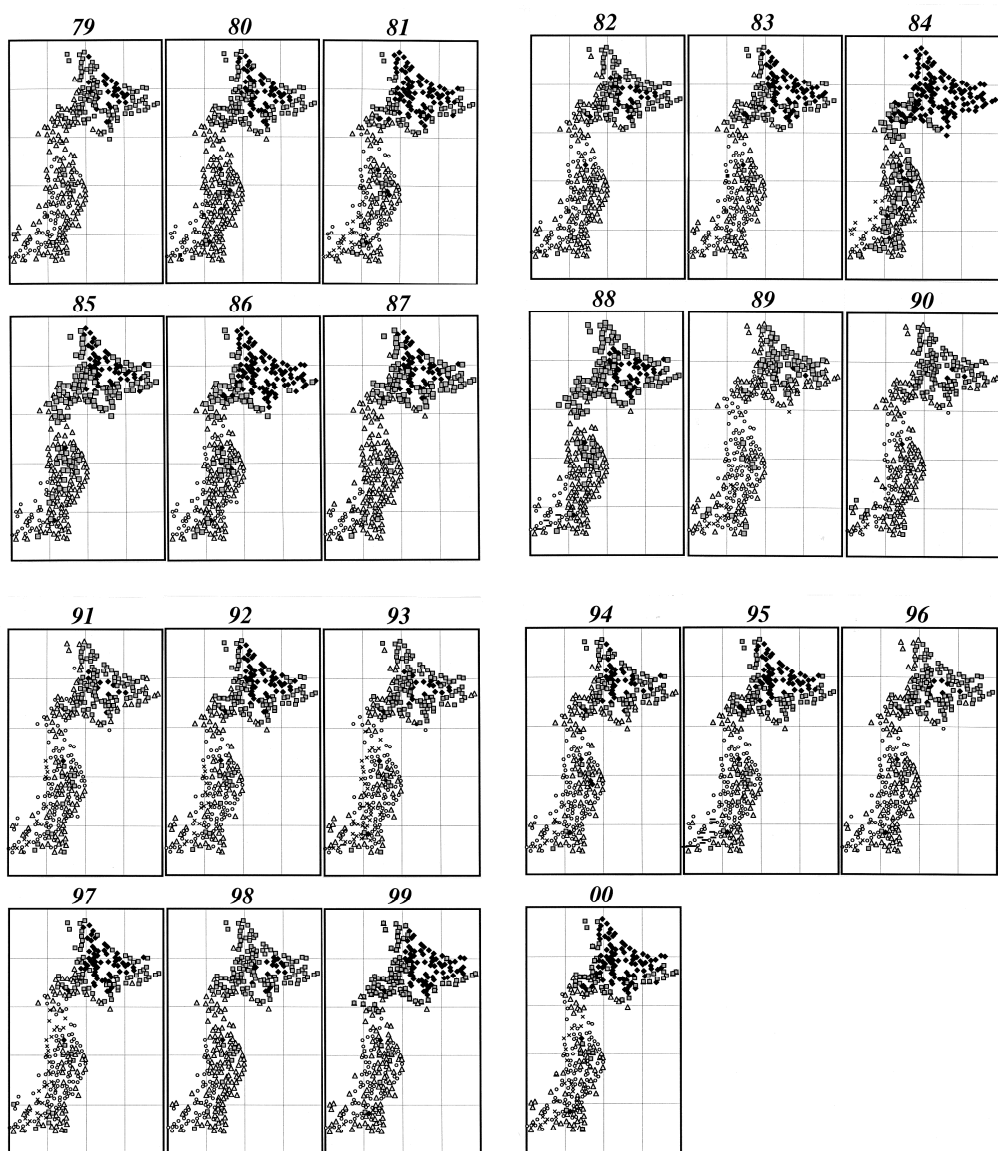


第 72 図 :  $f(<0^{\circ}\text{C})$  と  $f(0\sim3^{\circ}\text{C})$  との関係.



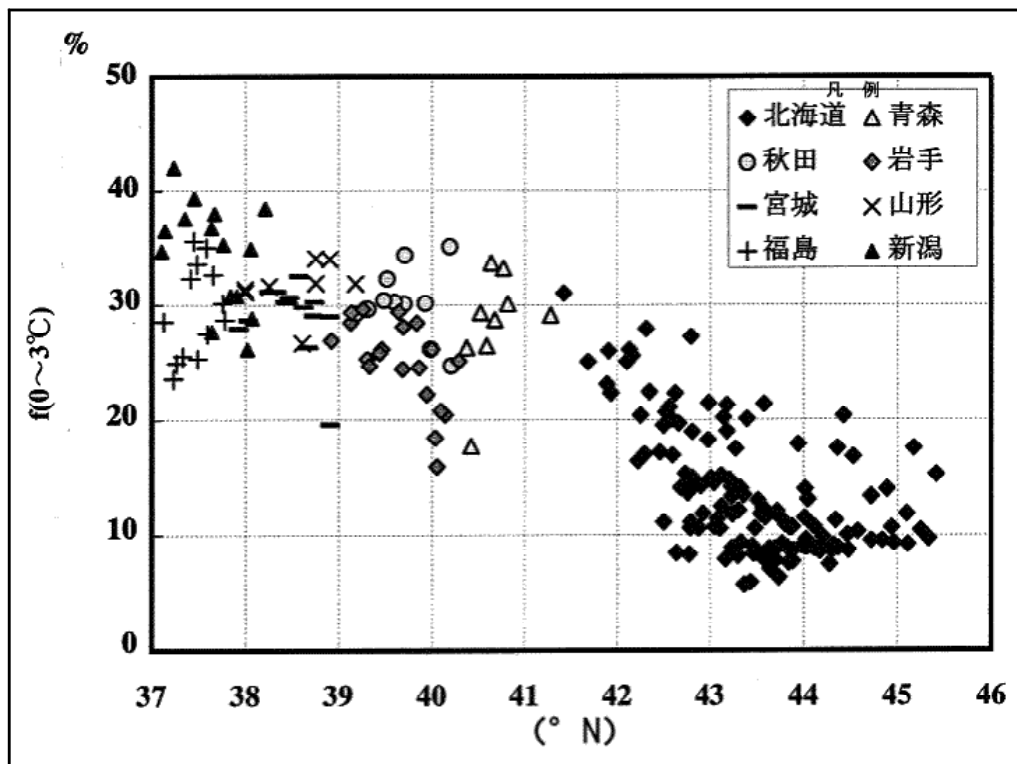
第 73 図：並年および寒冬年、暖冬年における  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  の空間分布.

(a) 並年(1994 年)、(b) 寒冬年(1984 年)、(c) 暖冬年 (1989 年)

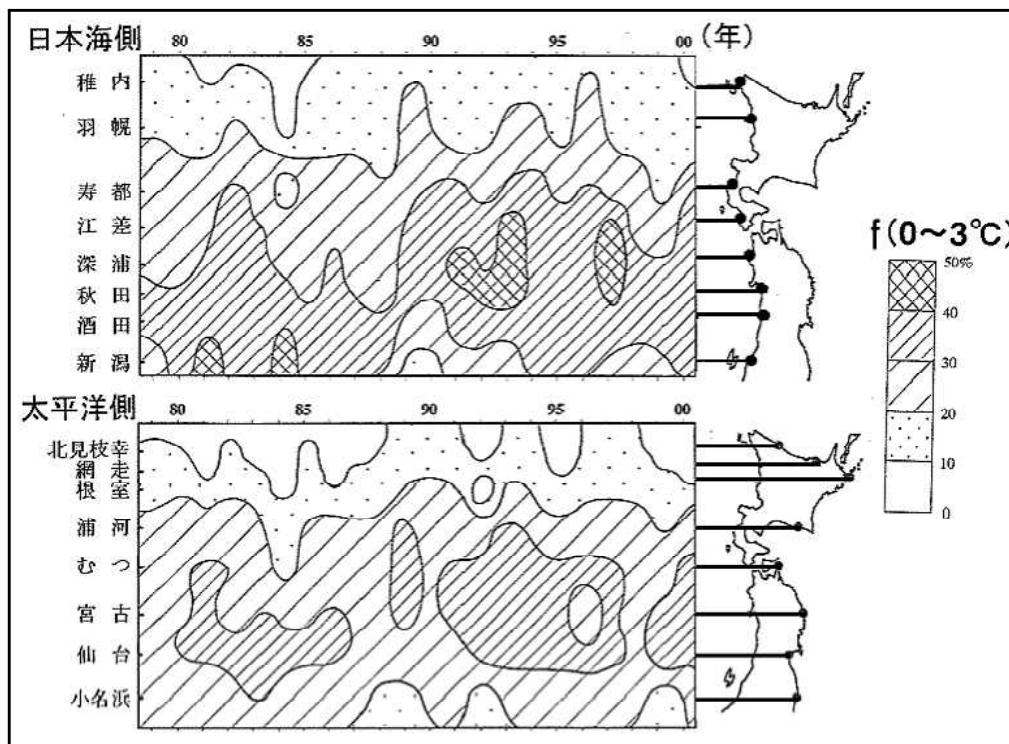


第 74 図 : 1979 ~ 2000 年まで各年の  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  の空間分布.

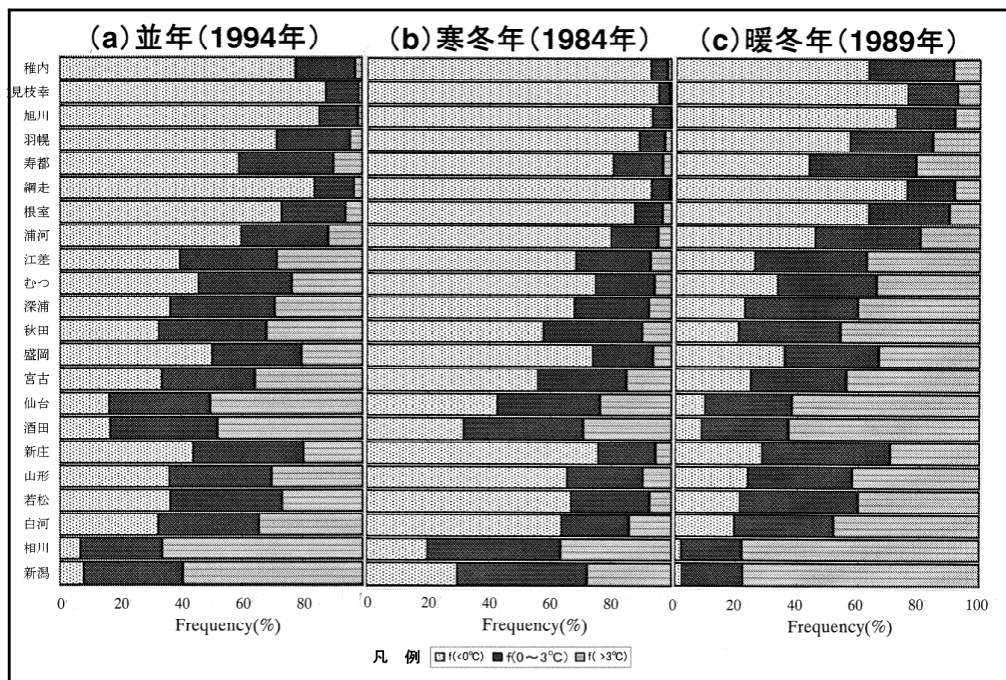
(凡例は第 73 図と同じ)



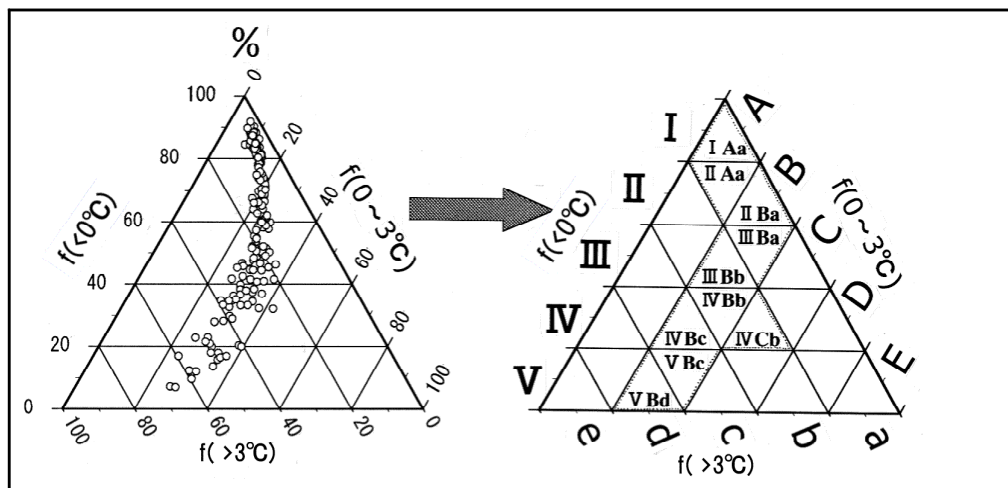
第 75 図 :  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  と緯度との関係.



第 76 図 :  $f(0 \sim 3^{\circ}\text{C})$  のアイソプレス (横軸 : 年次).

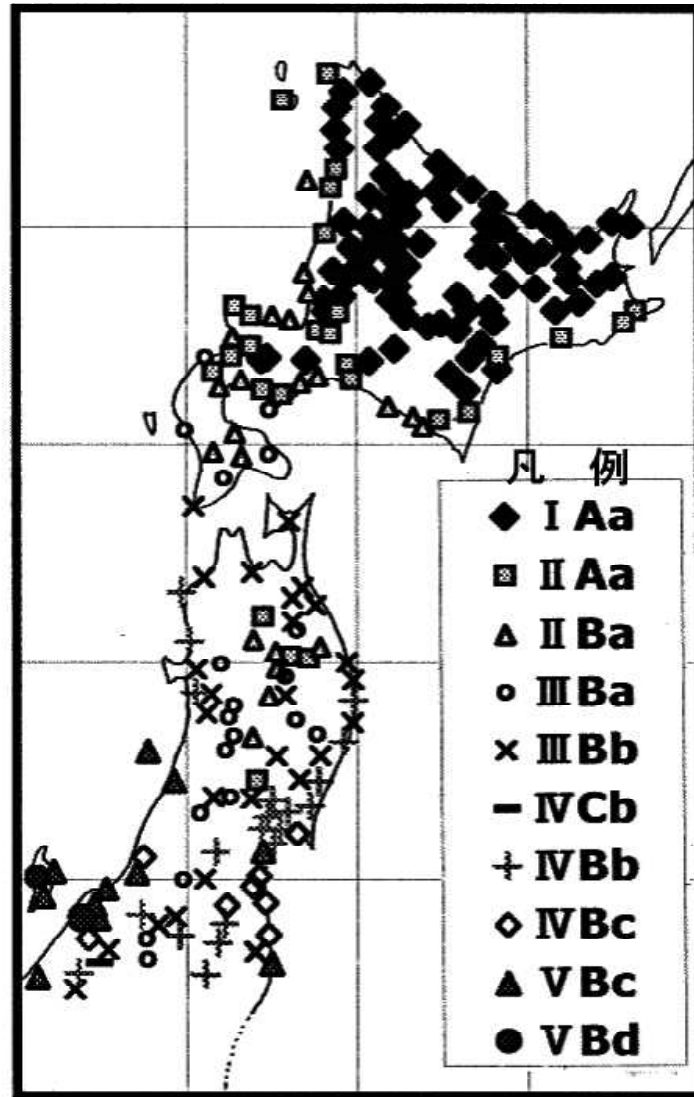


第 77 図：並年・寒冬年・暖冬年における  
0℃、3℃を閾値とした気温出現率.

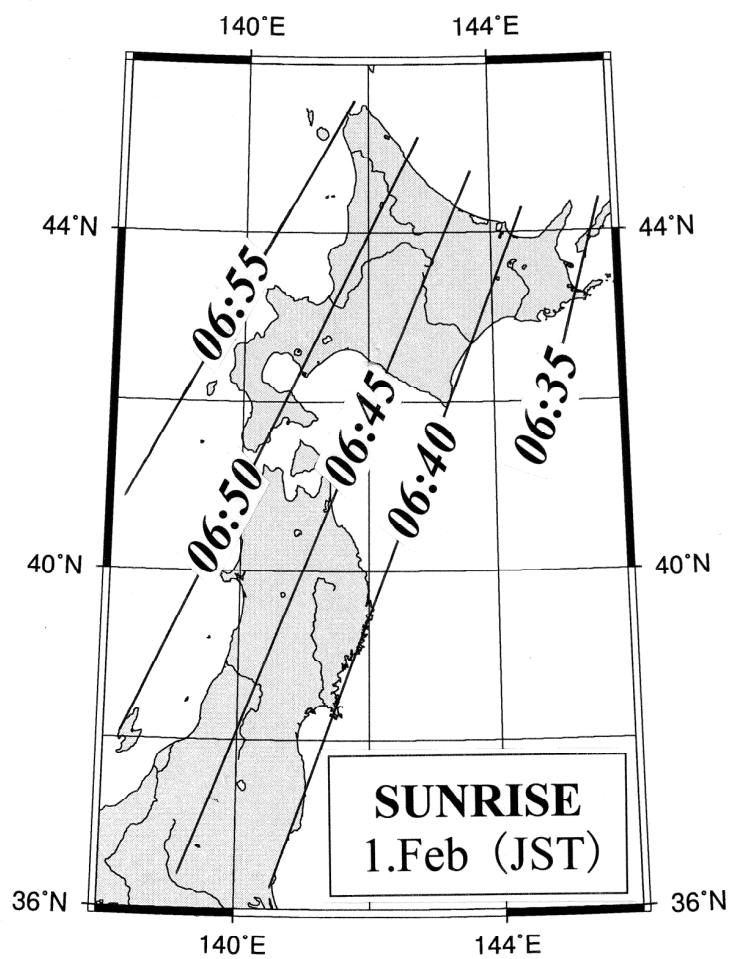


第 78 図：0℃、3℃を閾値とした出現率と地点分類.

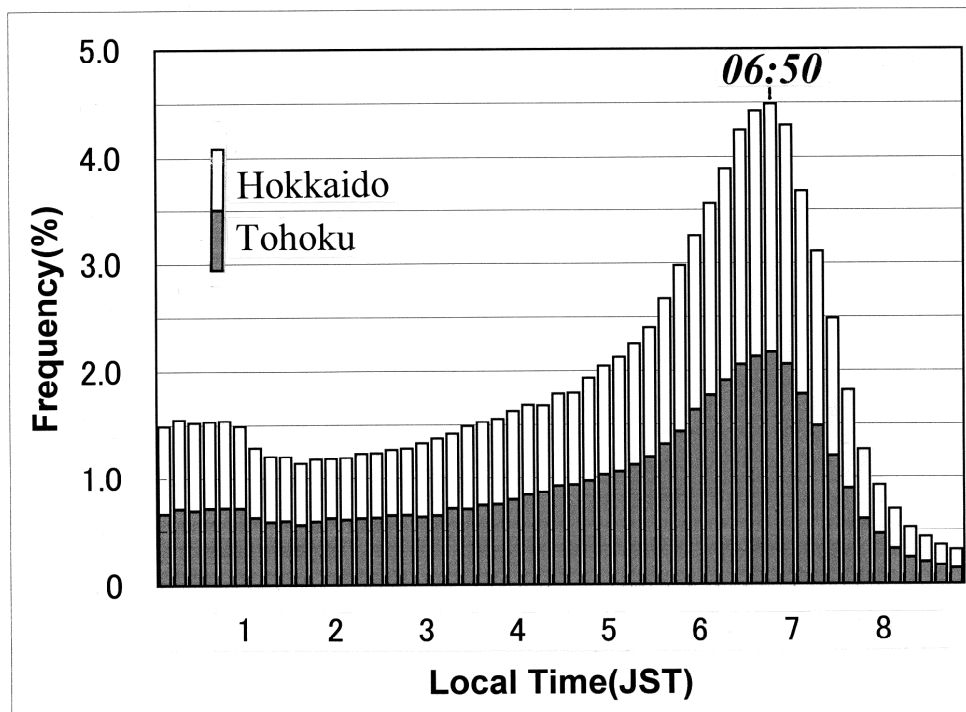




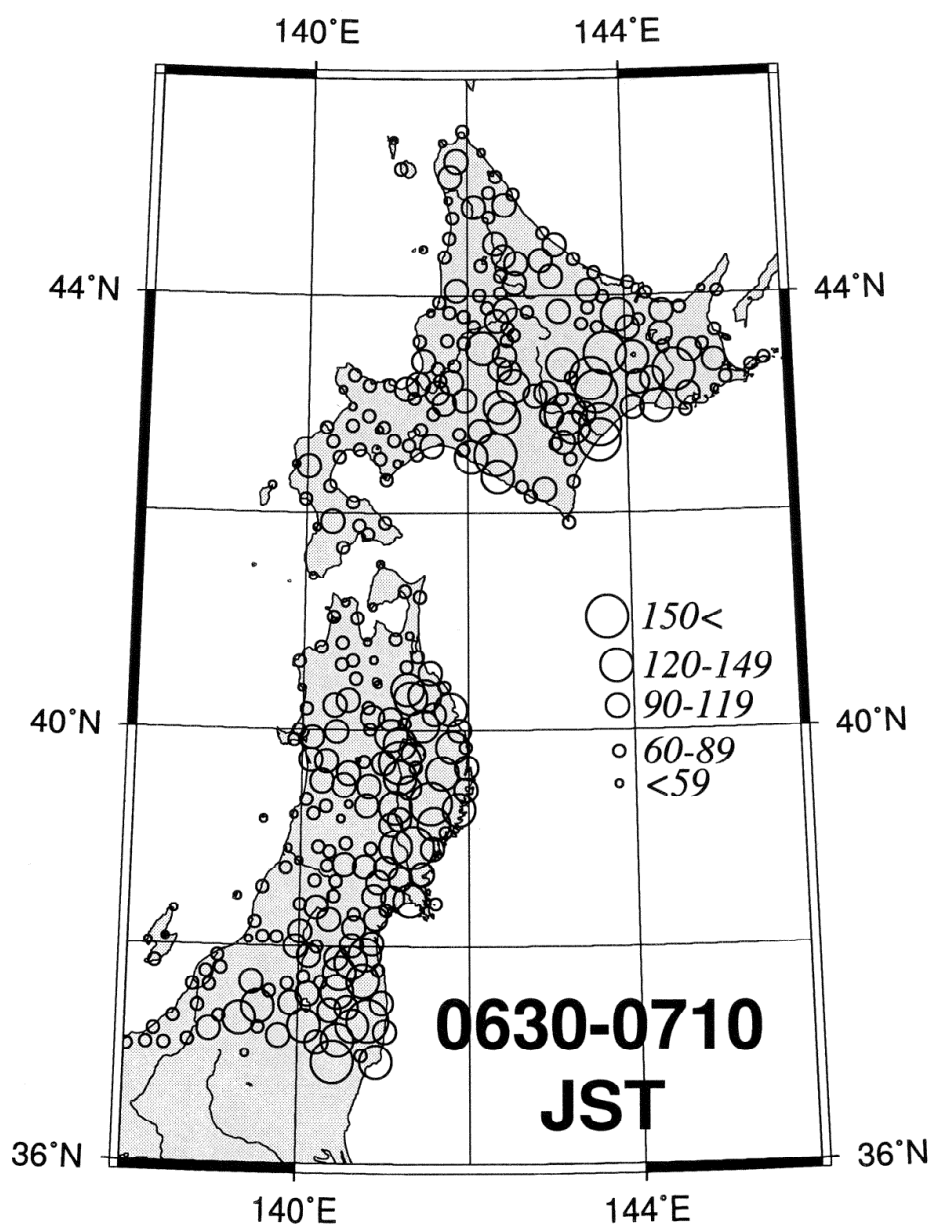
第 79 図：第 78 図によって分類された地点の空間分布.



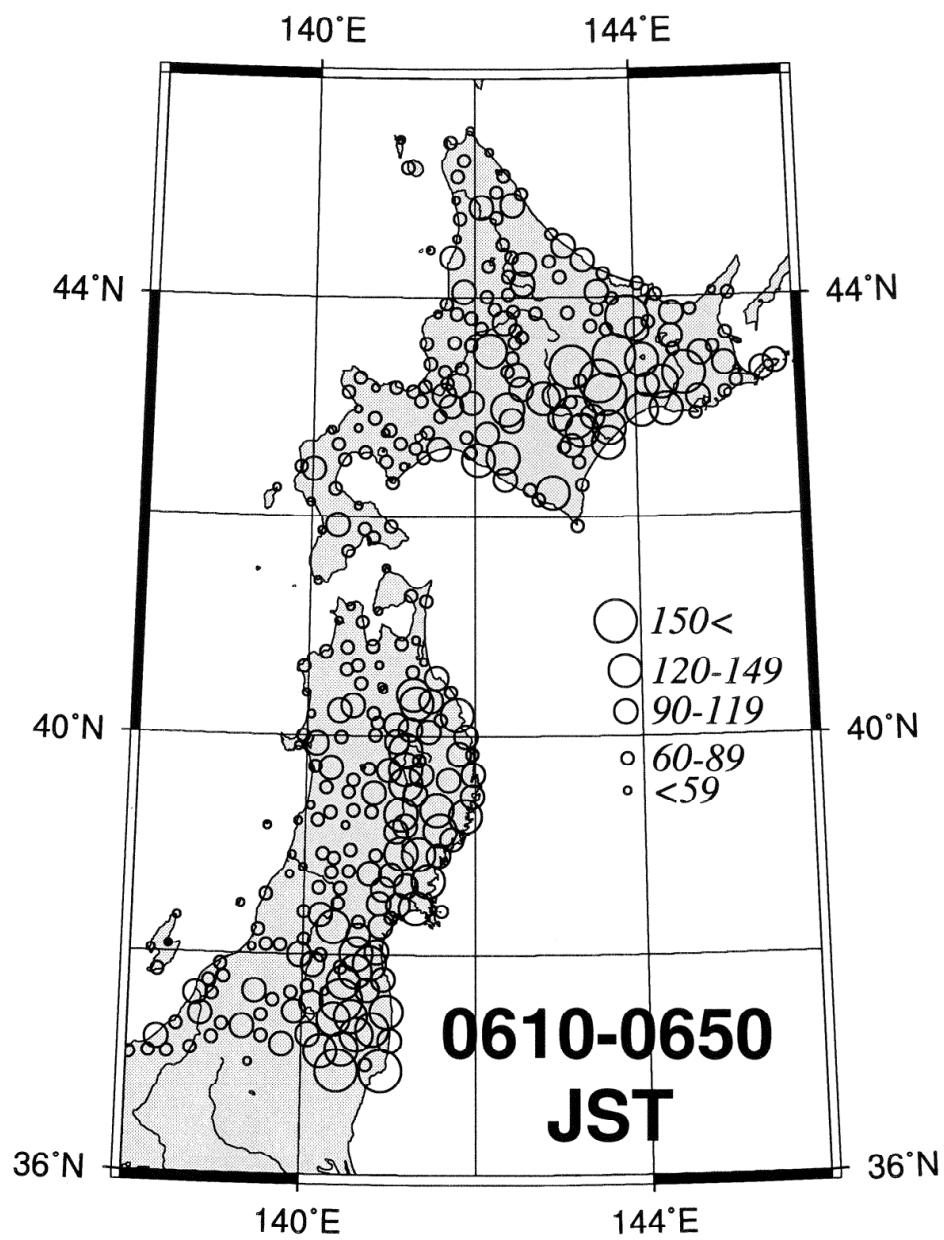
第 80 図：2 月 1 日の日の出等時刻線.



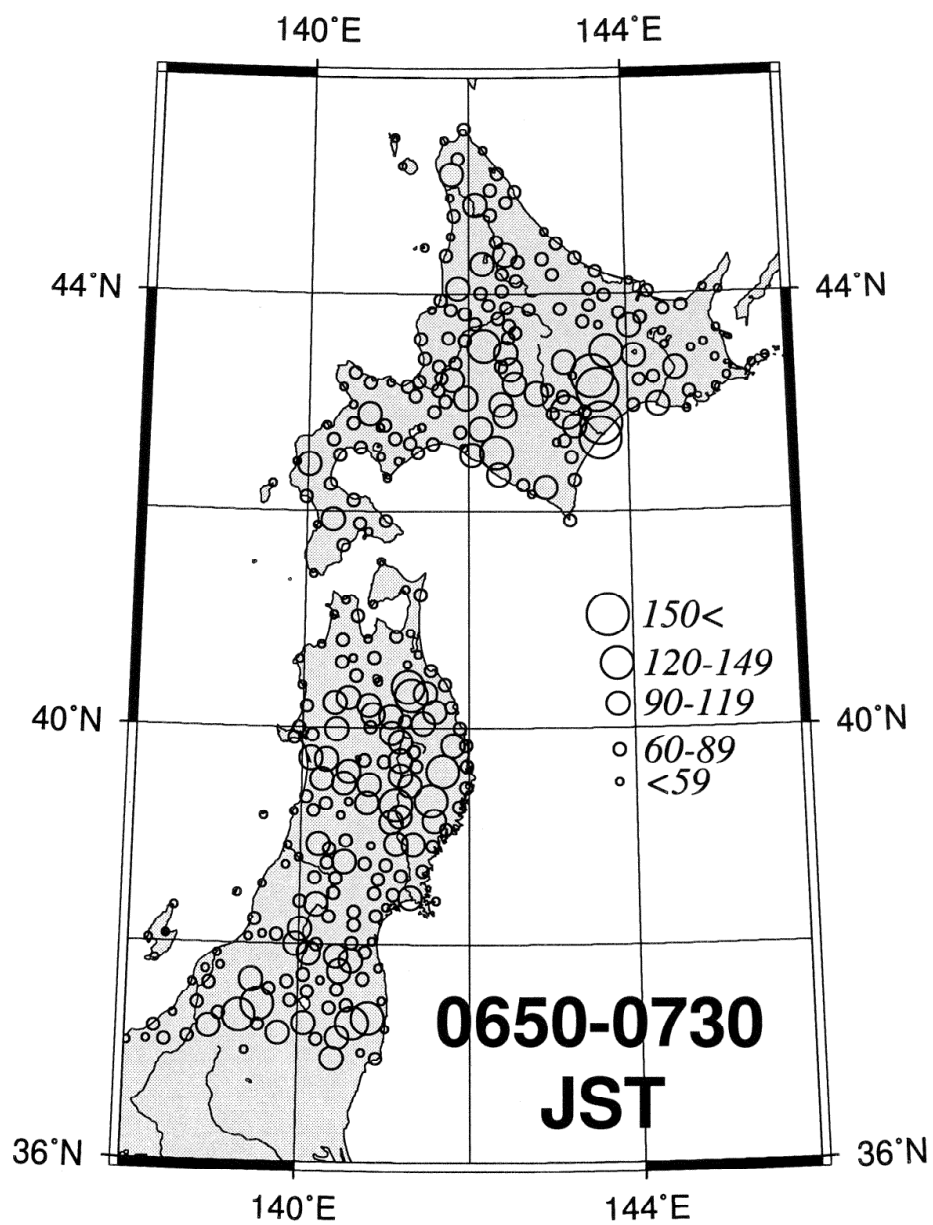
第 81 図：解析対象地点全体での日最低気温出現頻度.



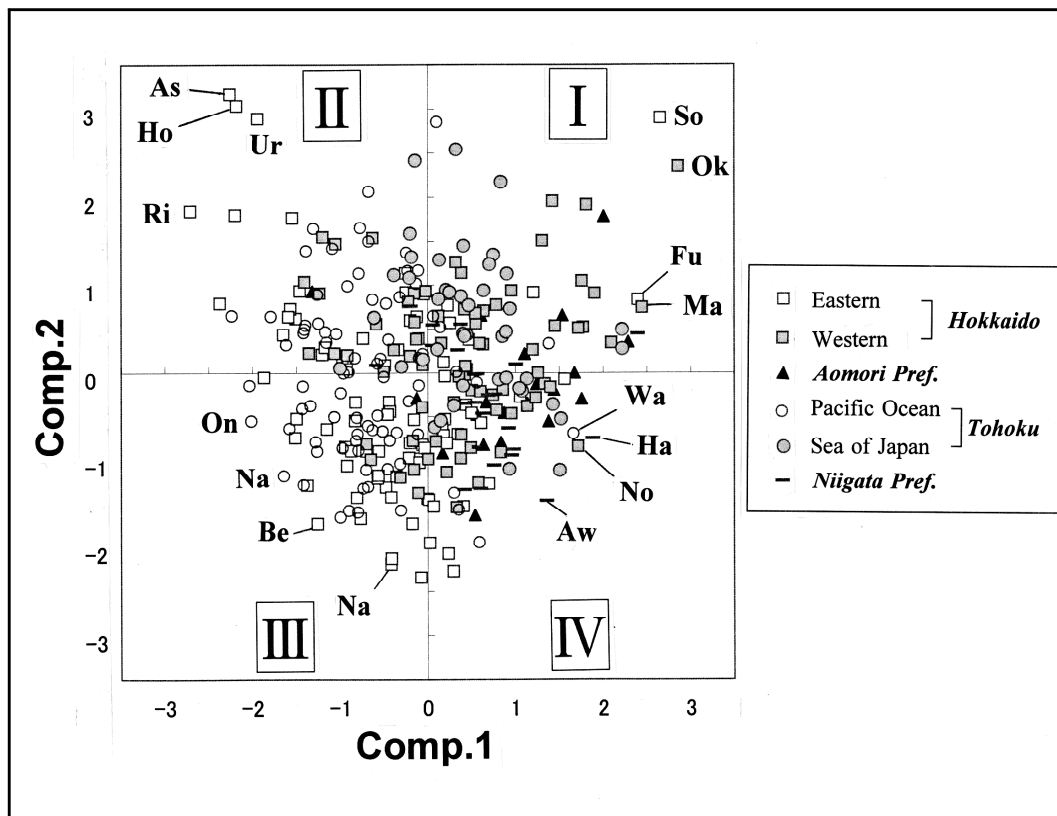
第 82 図 : 06 : 30 ~ 07 : 10JST の時間帯に最低気温を記録した回数の分布図.



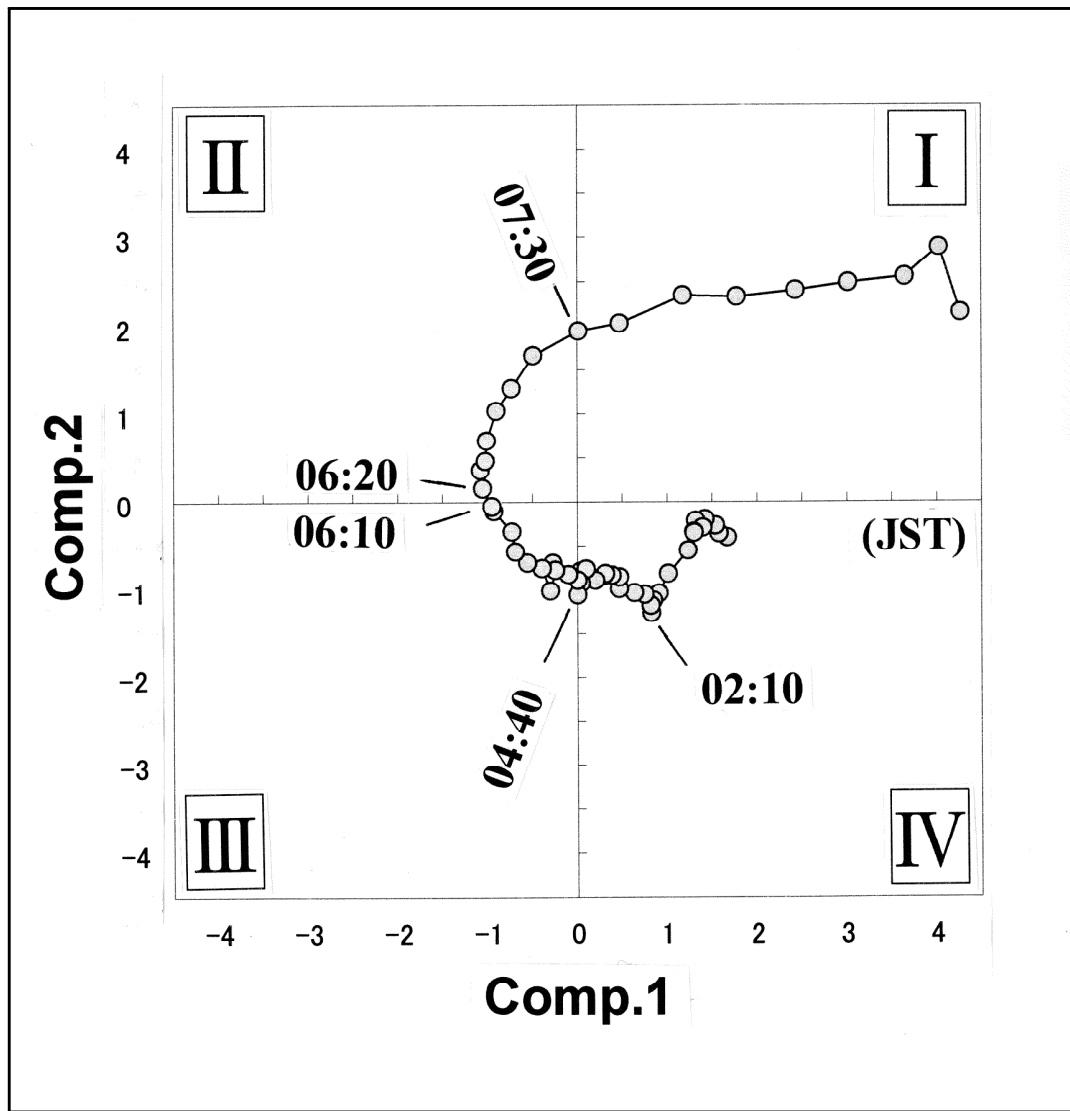
第 83 図 : 06 : 10 ~ 06 : 50JST の時間帯に最低気温を記録した回数の分布図.



第 84 図 : 06 : 50 ~ 07 : 30JST の時間帯に最低気温を記録した回数の分布図.

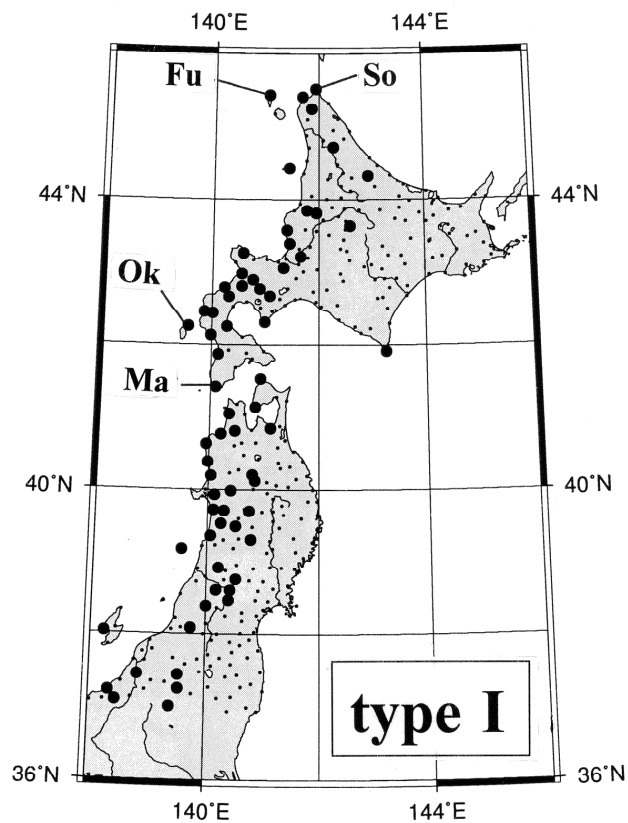


第 85 図：コレスポンデンス分析による地点のスコア散布図.

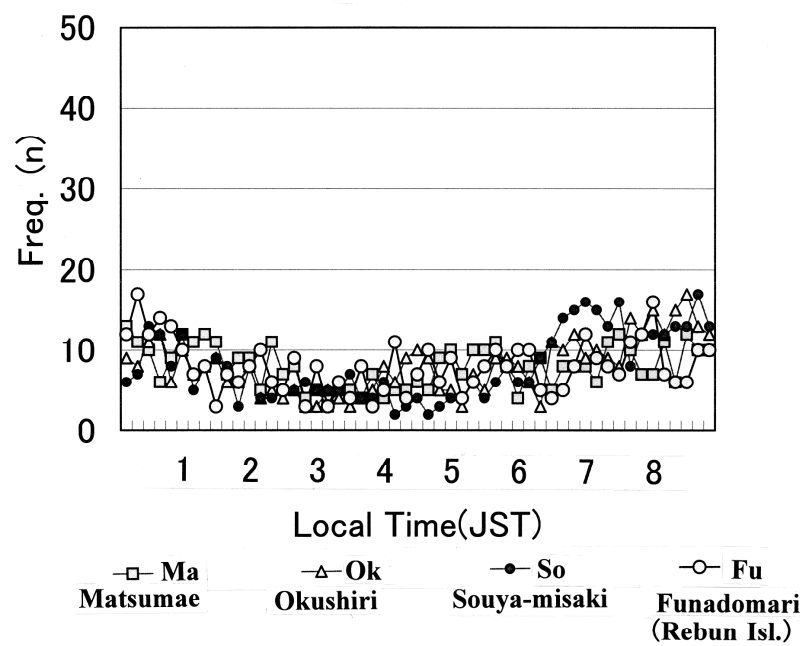


第 86 図：コレスポンデンス分析による時刻のスコア散布図.



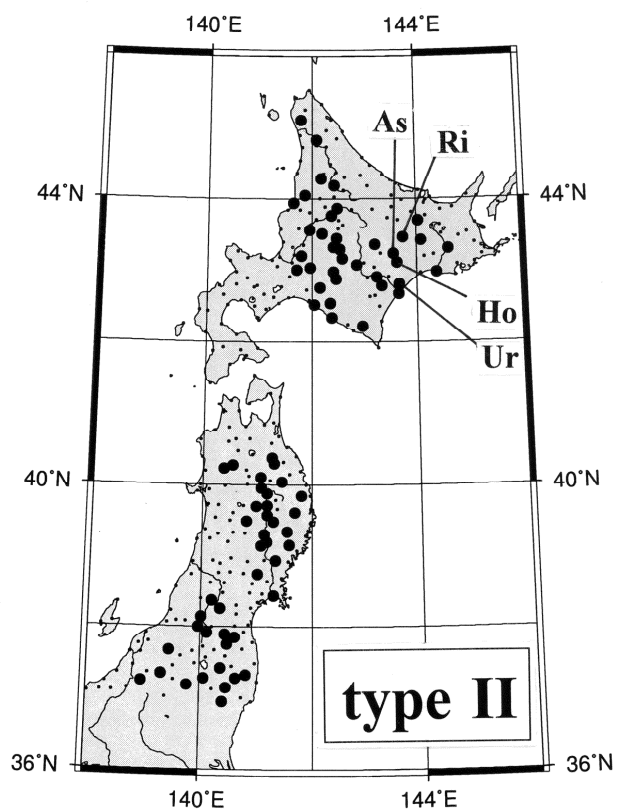


type I

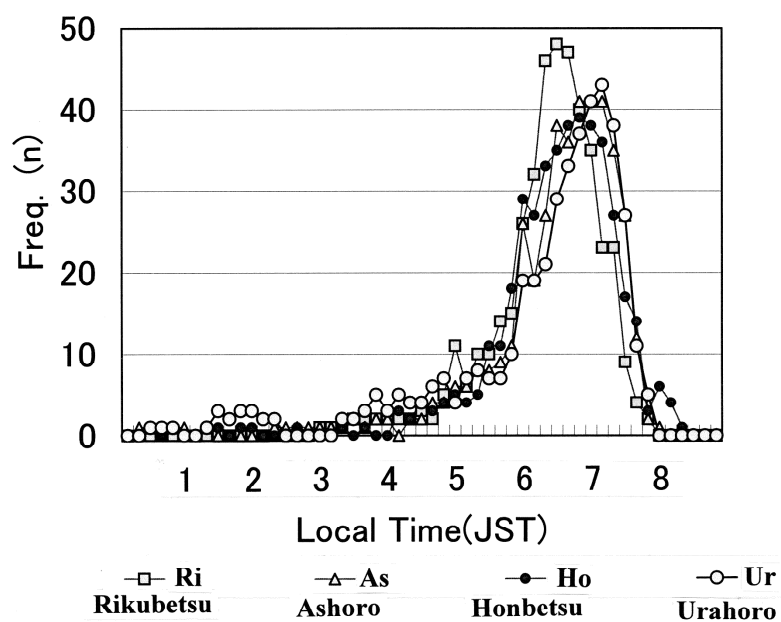


第 87 図：I 型に分類された地点の空間分布図（上）.

I 型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）.

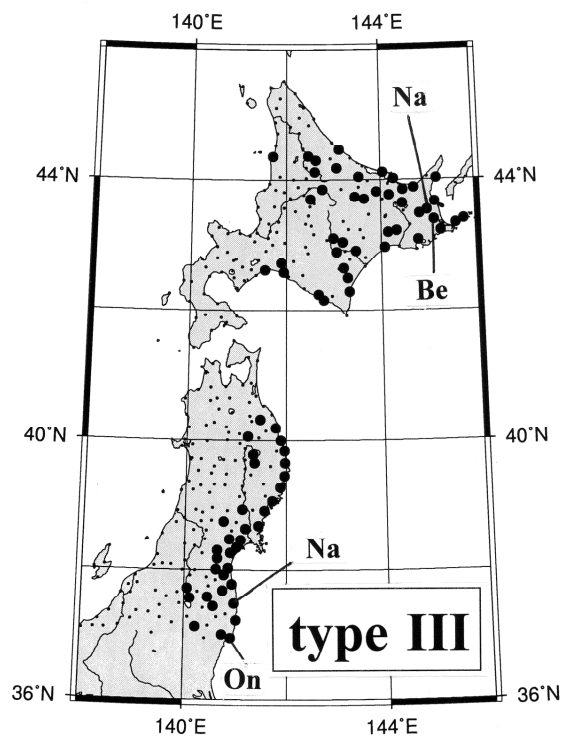


type II

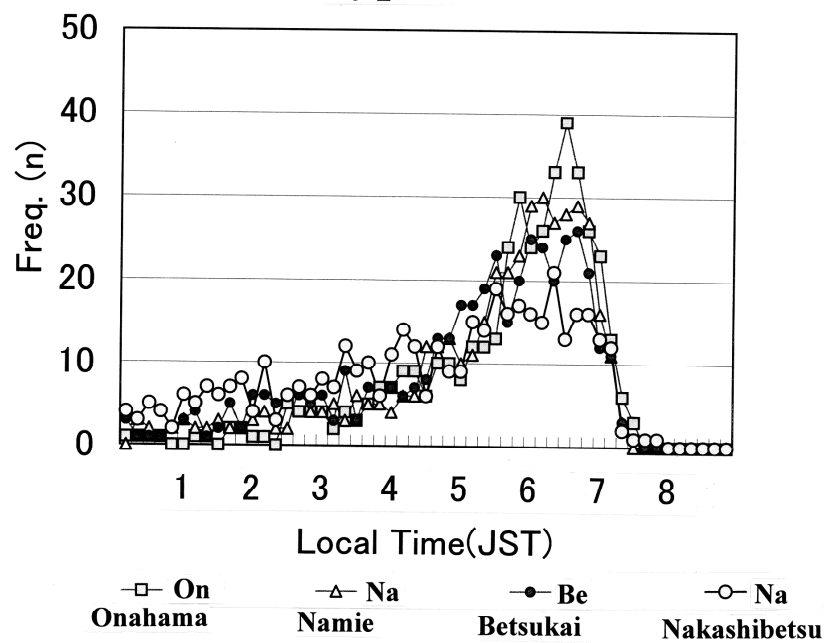


第 88 図：Ⅱ型に分類された地点の空間分布図（上）.

Ⅱ型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）.

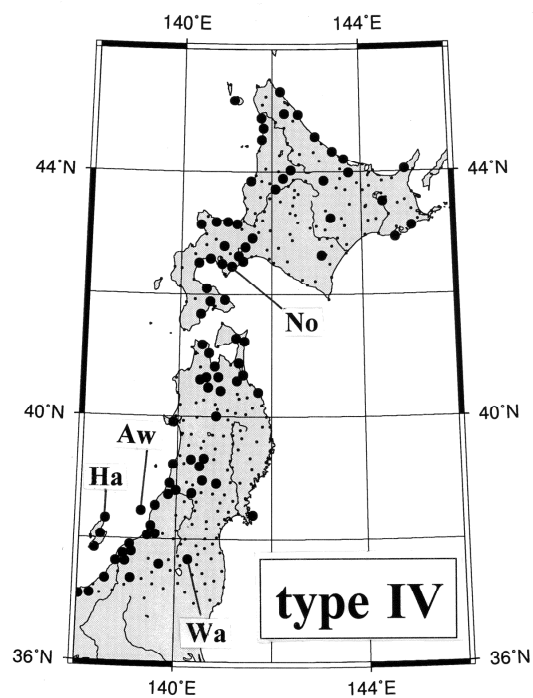


### type III

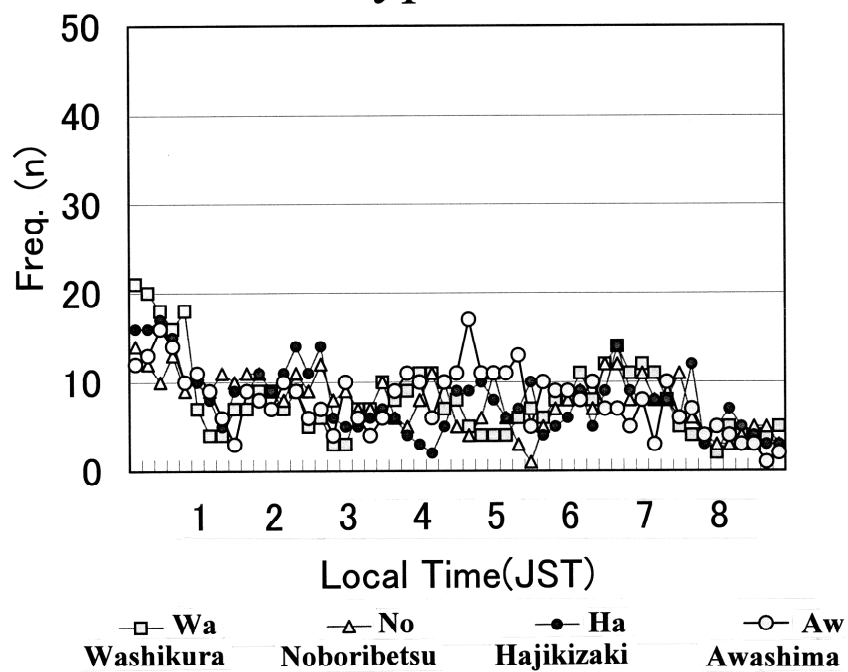


第 89 図：Ⅲ型に分類された地点の空間分布図（上）.

Ⅲ型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）.

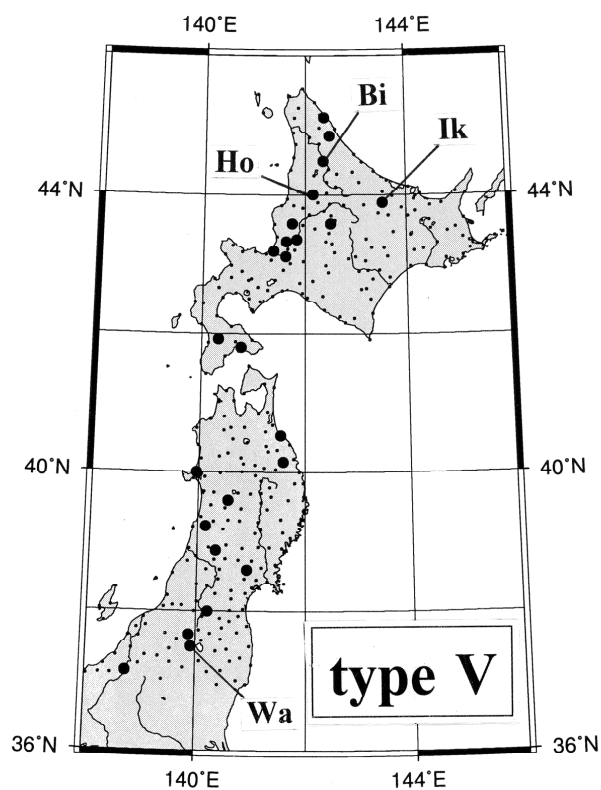


type IV

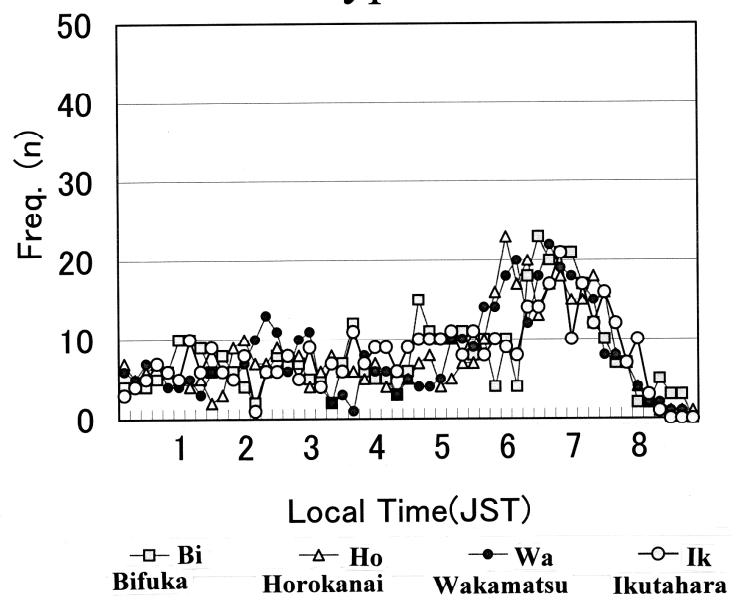


第 90 図：IV型に分類された地点の空間分布図（上）.

IV型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）.

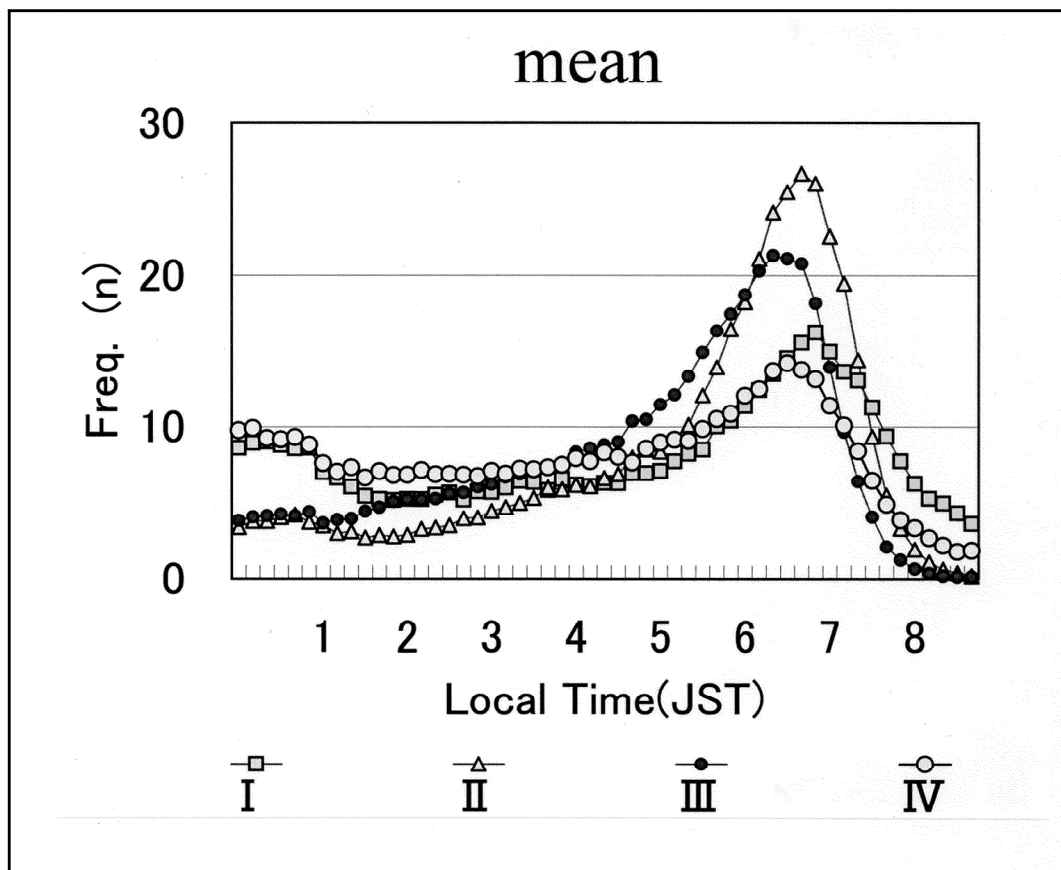


type V

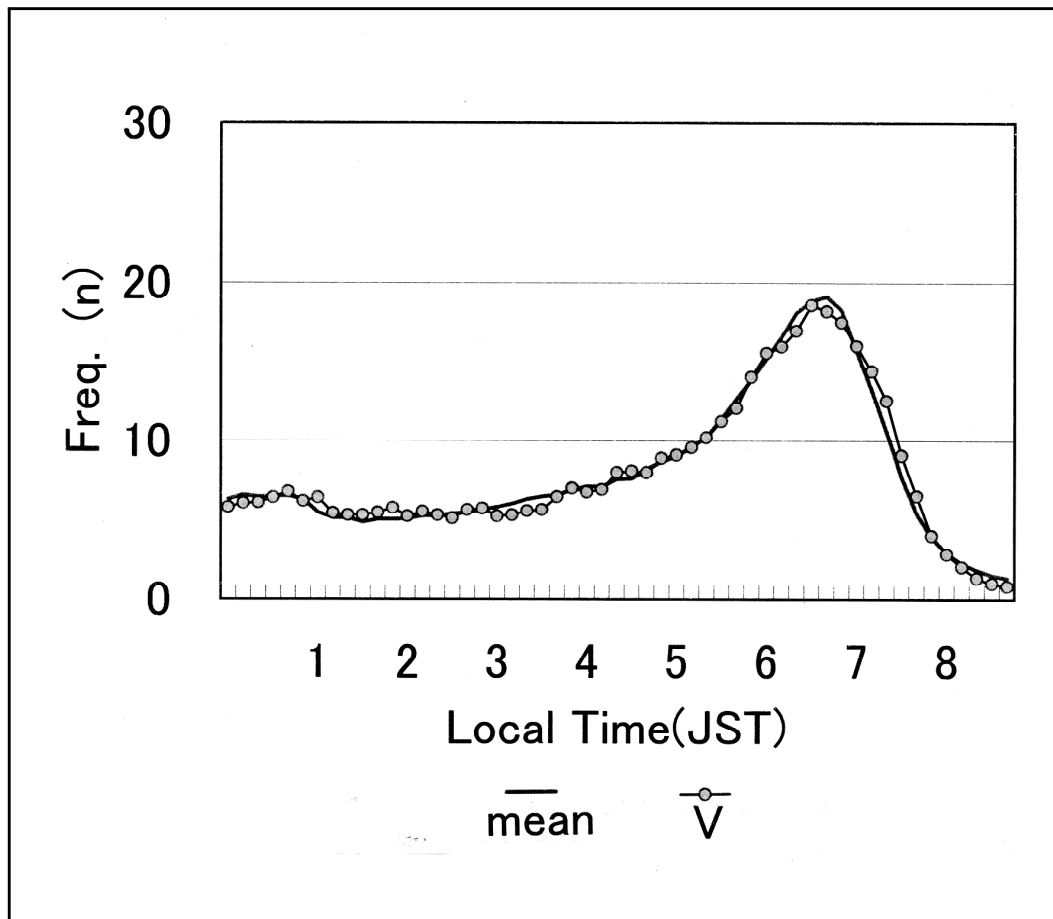


第 91 図：V 型に分類された地点の空間分布図（上）.

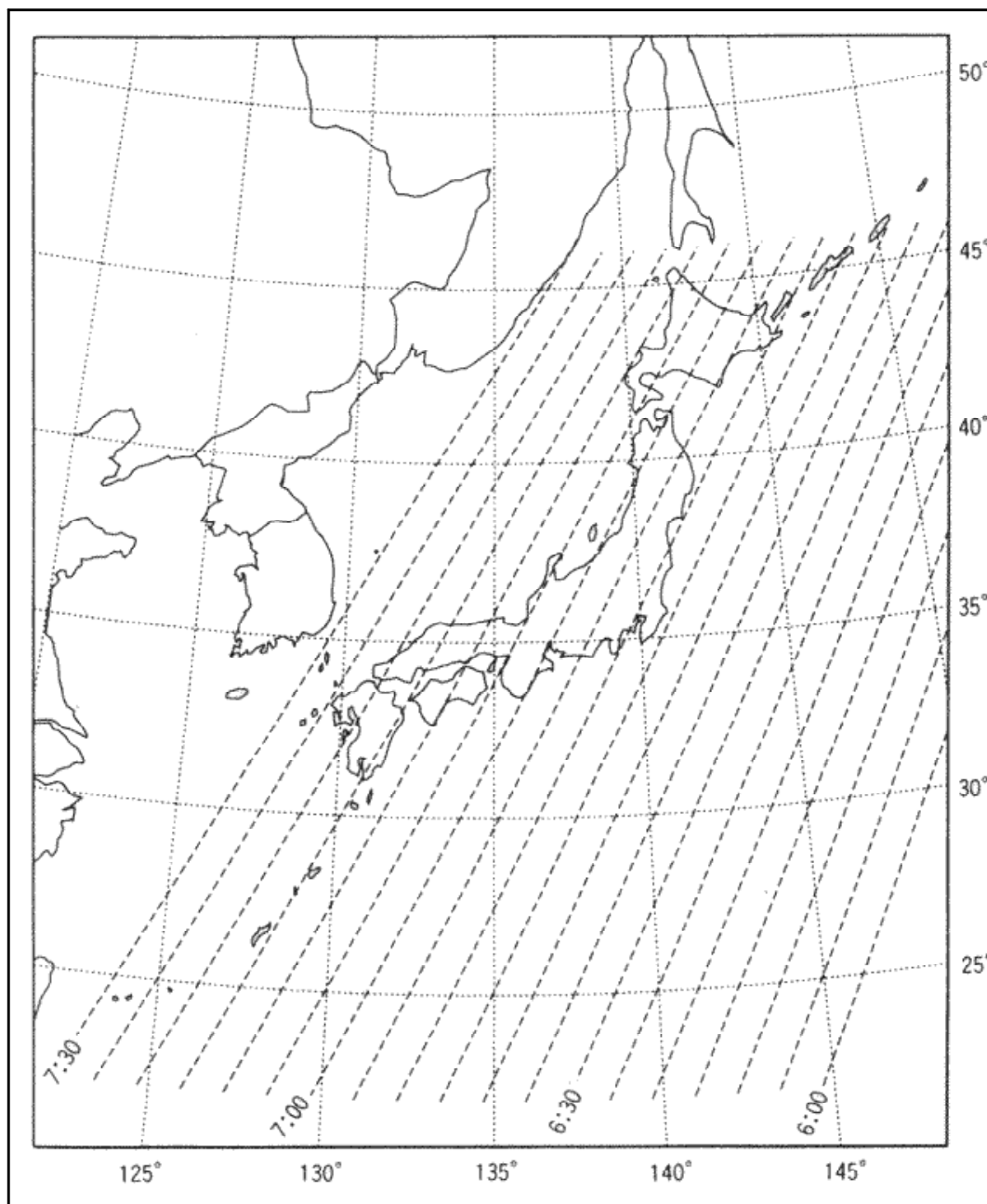
V 型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化（下）.



第 92 図：各タイプに分類された地点の最低気温出現頻度の平均値.



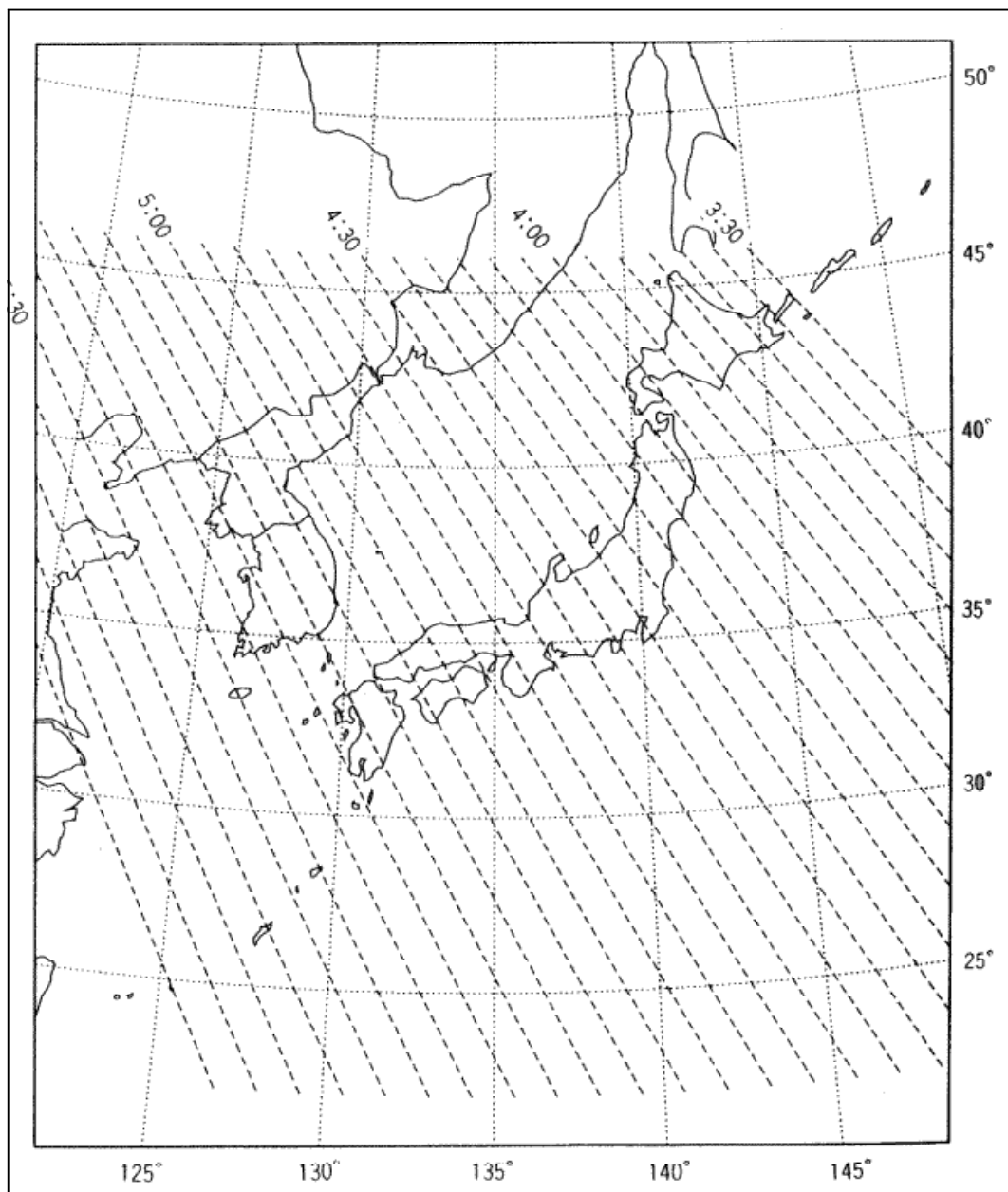
第 93 図：V 型に分類された地点と全地点における最低気温出現頻度の平均値の比較.



第 94 図：1 月 1 日の日の出の同時線.

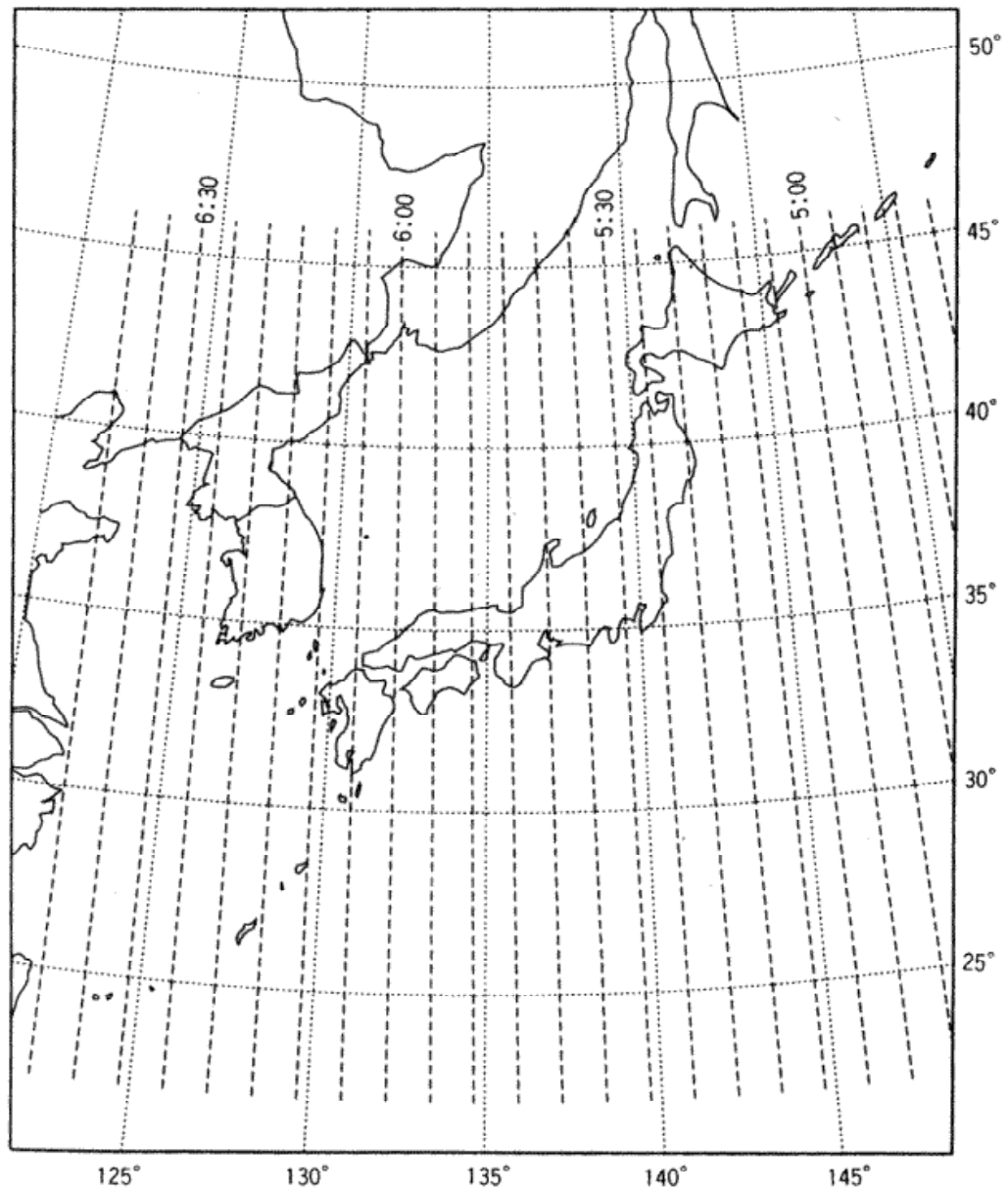
[長沢 1999]





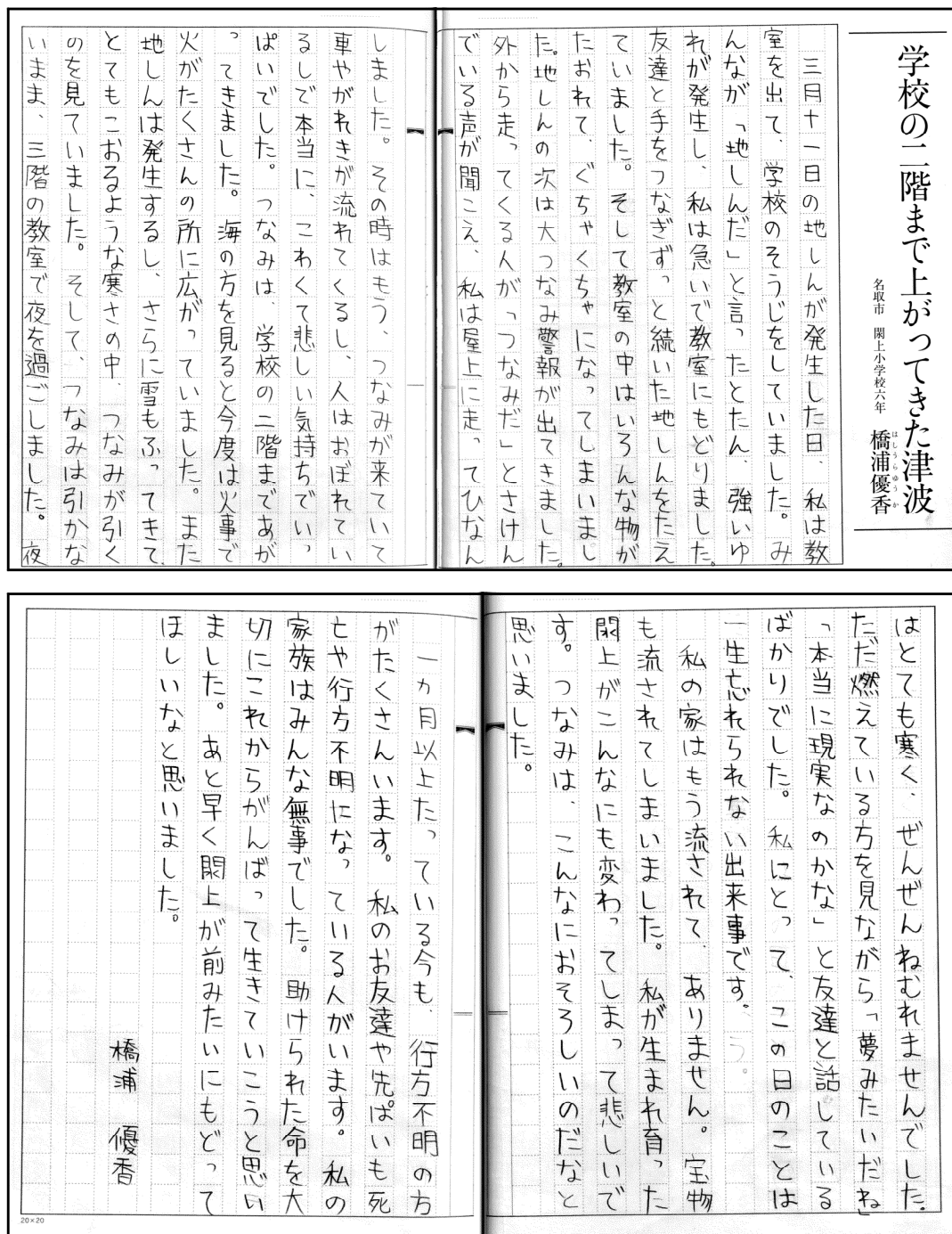
第 95 図：夏至の日の出の同時線.

[長沢 1999]



第 96 図：秋分の日の出の同時線.

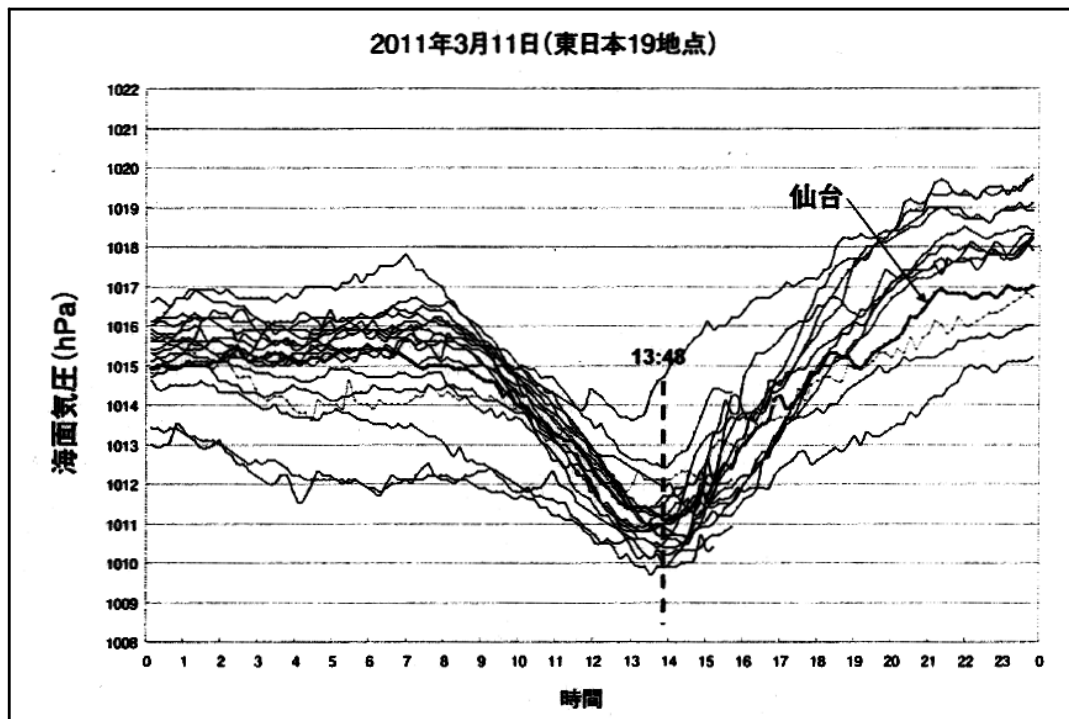
[長沢 1999]



第 97 図：東日本大震災時の小学生の作文の例。

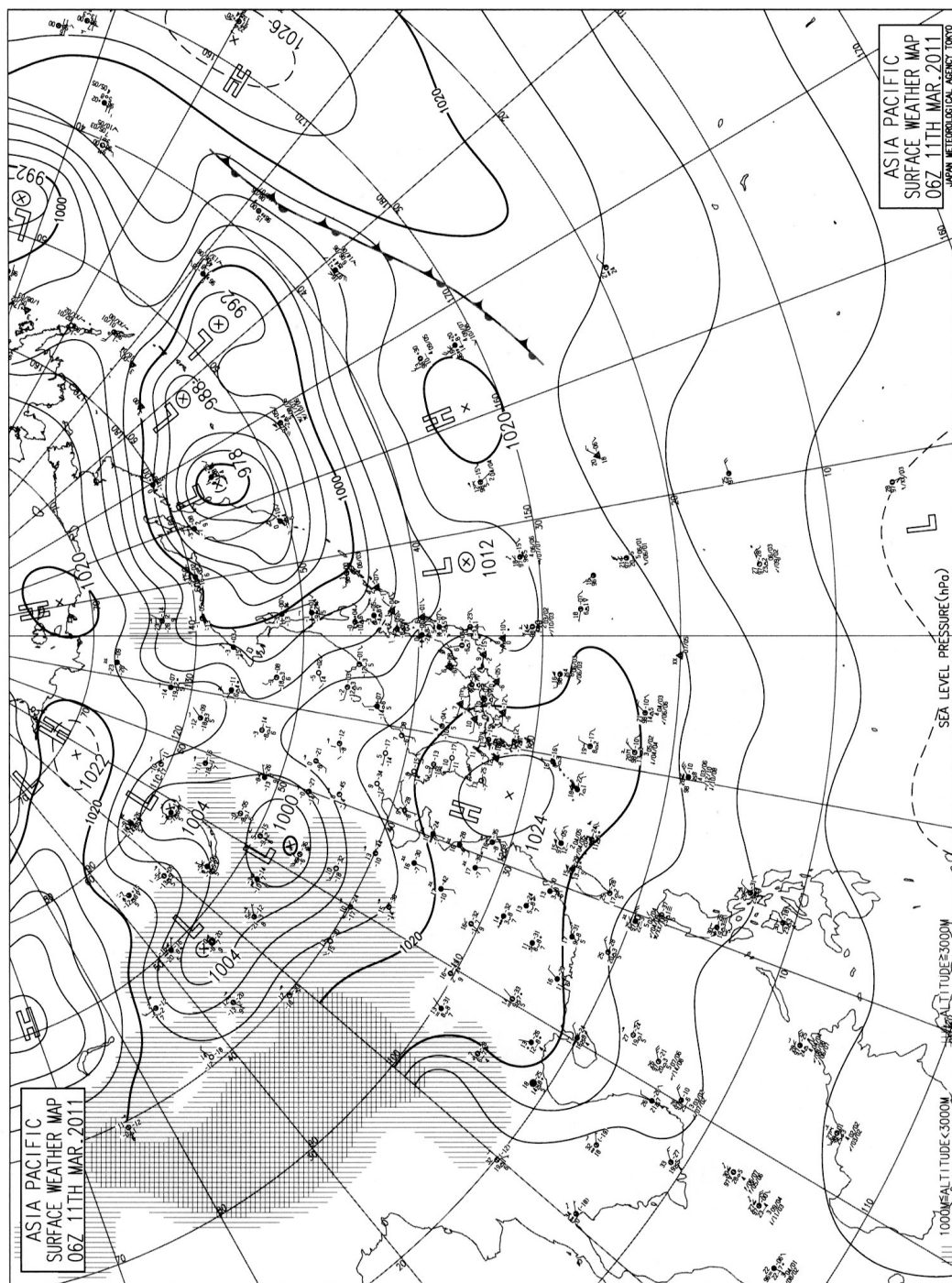
(宮城県名取市 関上小学校 6 年生 H さんの作文)。

[森 編 2011]



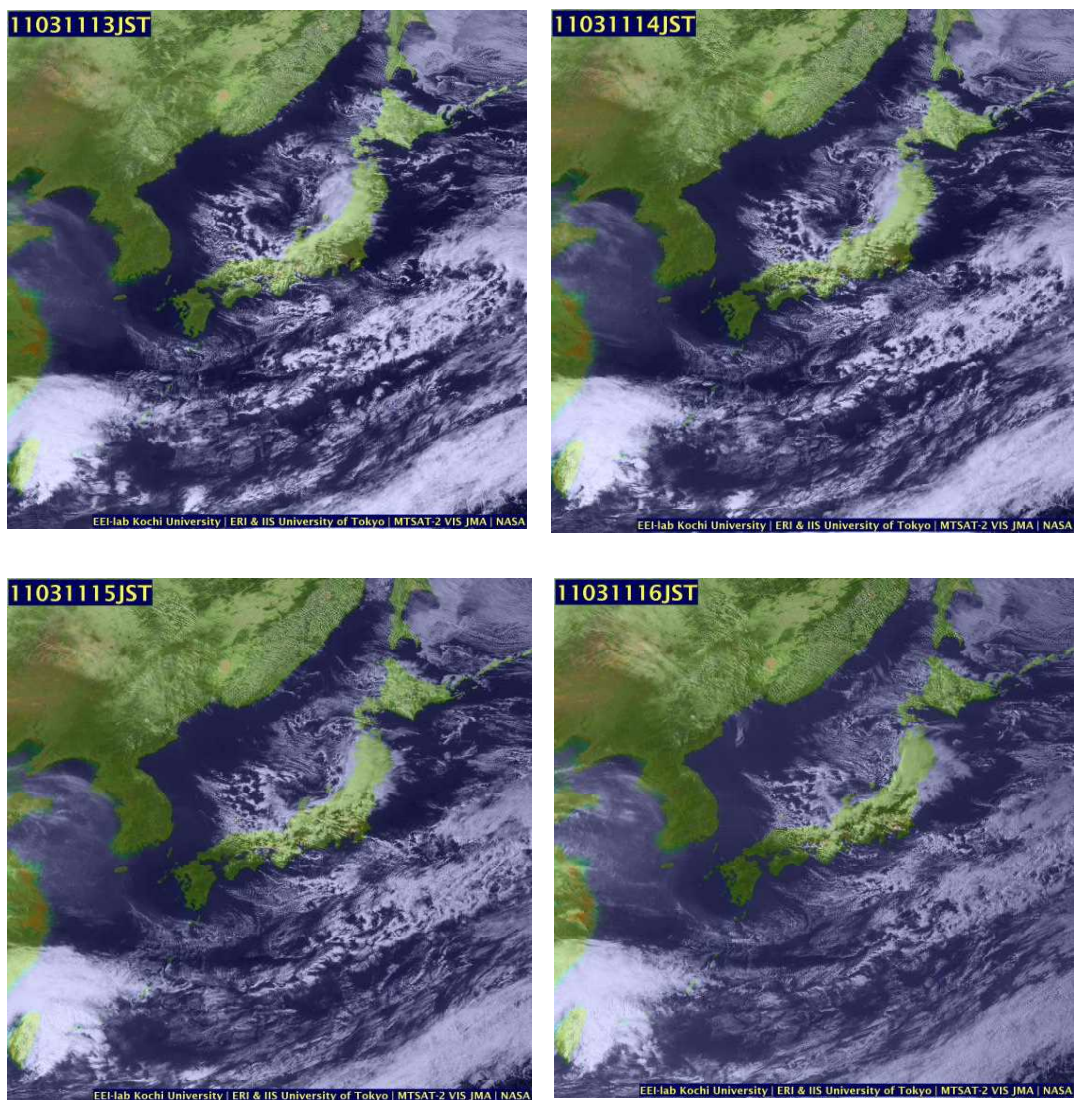
第 98 図：2011 年 3 月 11 日の東日本 19 地点の海面気圧の時間変化.

[千葉・小林・金田 2012]



第 99 図：2011 年 3 月 11 日 15JST の地上天気図。

(気象庁 ASIA PACIFIC WEATHER MAP による)



13JST	14JST
15JST	16JST

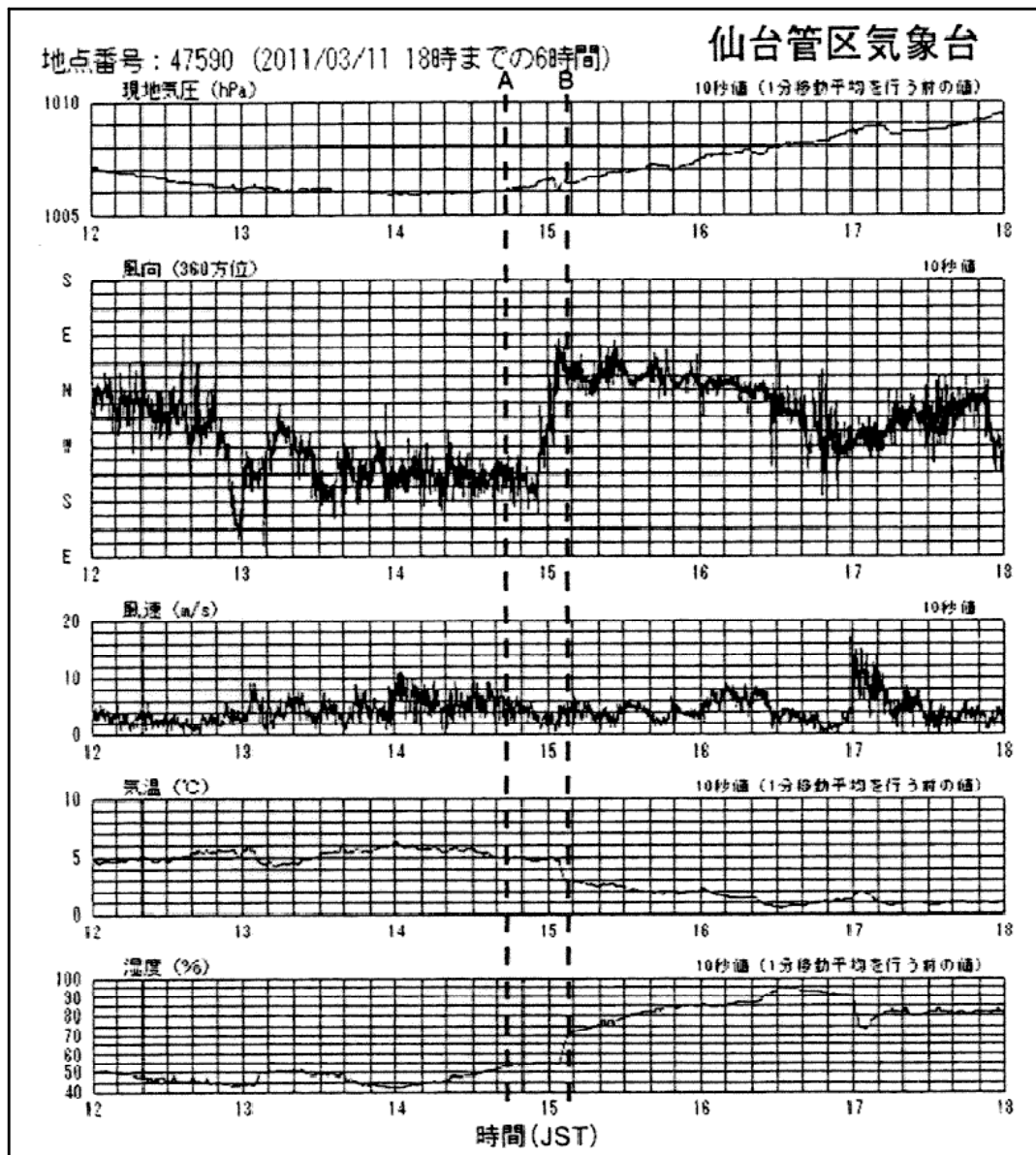
第 100 図：2011 年 3 月 11 日 13、14、15、16JST の衛星写真

（日本付近可視画像 出所：高知大学気象頁保存書庫）.

[<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/JPN/2011/03/11/> のディレクトリ]

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）





第 101 図：2011 年 3 月 11 日の仙台管区气象台の気象記録 (10 秒値)。

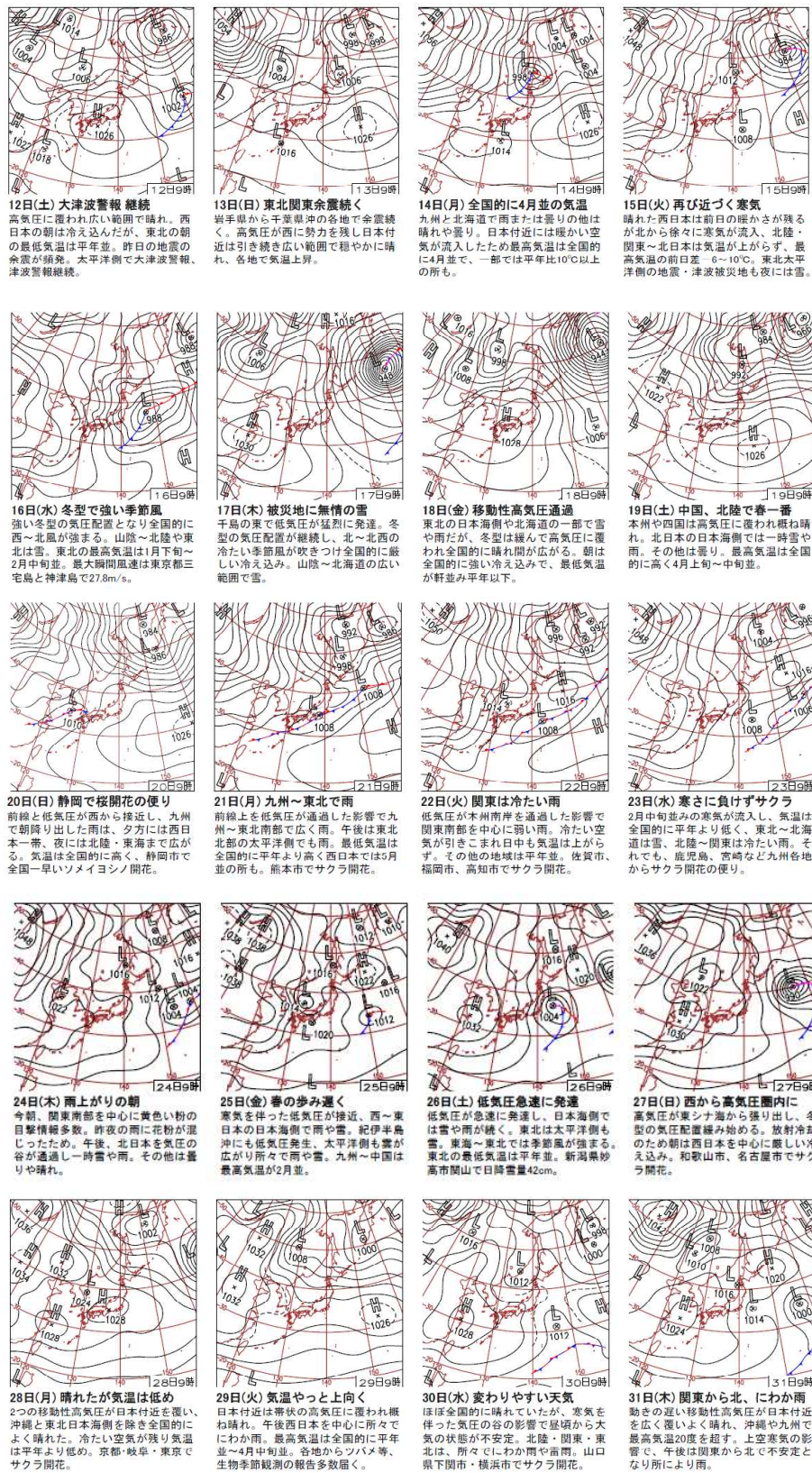
A と B の破線は各々地震発生時刻と 15 時 10 分を示す。

[千葉・小林・金田 2012]





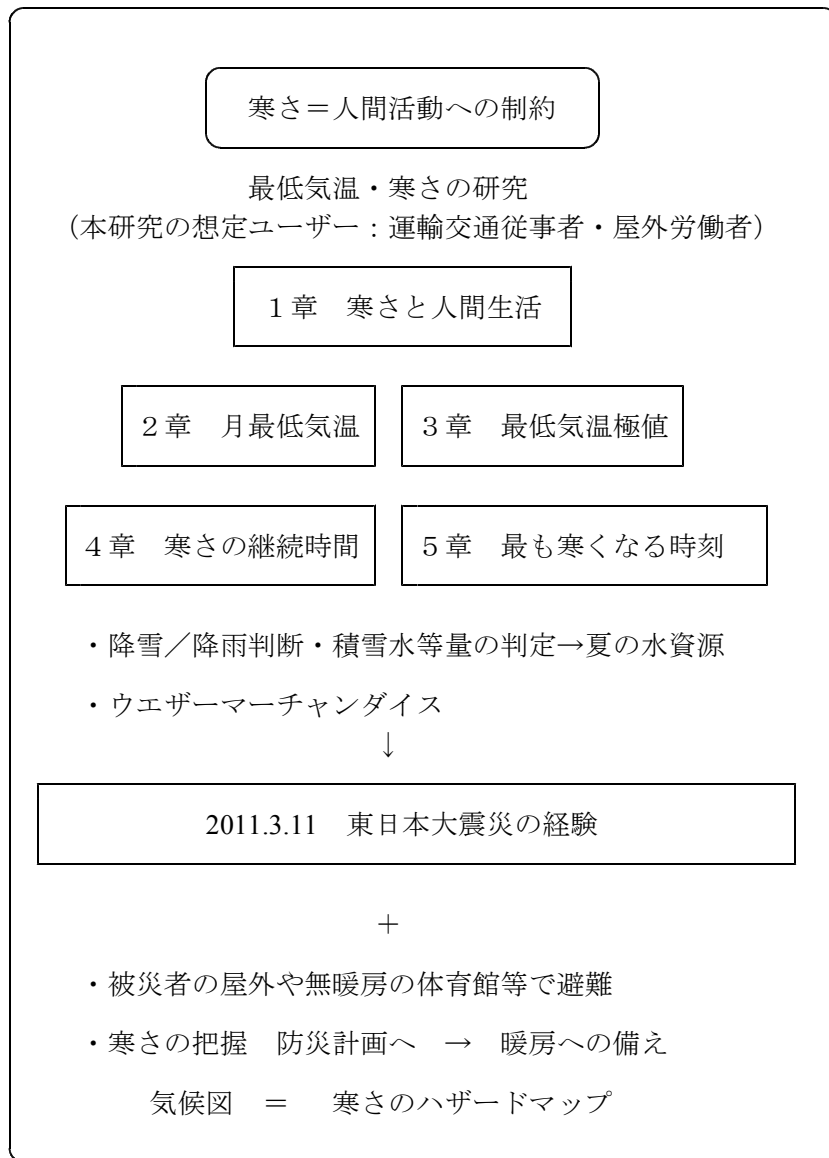




第 104 図：東日本大震災被災翌日から 3 月末までの天気図。

[<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/hibiten/2011/1103.pdf>]

(最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日)



第 105 図：本研究の意義.

# 添付表

【第 1 表～第 21 表】

第 1 表：最低気温の記録.

[小林 1979]

順 位	地 名	観 測 値	起 日
1	美 深	-41.5℃	1931. 1 .27
2	上 音 成 子 府	-41.3	1931. 1 .27
3	母 子 里	-41.2	1978. 1 .17
4	旭 川	-41.0	1902. 2 .25
5	母 子 里	-40.8	1977. 2 .15
6	石 狩 沼 田	-40.0	1951. 1 . 7
7	富 良 野	-40.0	1921. 1 .27
8	母 子 里	-39.6	1977. 1 .29
9	歌 登	-38.5	1955. 1 .22
10	名 寄	-38.5	1931. 1 .27

※ 4 位の旭川の起日は、1902 年 1 月 25 日なので誤植と思われる。原文ママで表示してある。

第2表－a：DT $_{min}I-10$  起日の頻度が多い半旬（冬期を想定）.

第2表－b：DT $_{max}I-10$  起日の頻度が多い半旬（夏期を想定）.

### 冬 期

(23)

Pentad Date	5 1/21-25	6 1/26-30	7 1/31-2/4	8 2/5-9	9 2/10-14	10 2/15-19	11 2/20-24
北海道							
東北							
関東甲信越							
日本海側							
太平洋側							
東日本							

### 夏 期

(29)

Pentad Date	42 7/25-29	43 7/30-8/3	44 8/4-8	45 8/9-13	46 8/14-18	47 8/19-23	48 8/24-28
北海道							
東北							
関東甲信越							
日本海側							
太平洋側							
東日本							

第 3 表－ a :  $DT_{min1-10}$  起日の頻度が多い特異日.

第 3 表－ b :  $DT_{max1-10}$  起日の頻度が多い特異日.

DT <sub>min1-10</sub> 起日の頻度が高い特異日		DT <sub>max1-10</sub> 起日の頻度が高い特異日	
北海道地方	24-Jan(8.7%)	北海道地方	7-Aug (6.8%)
東北地方	2-Feb (5.7%)	東北地方	15-Aug(6.3%)
関東甲信越地方	31-Jan(5.9%)	関東甲信越地方	4-Aug (6.9%)
東日本	2-Feb (5.2%)	東日本	7-Aug (5.4%)

※括弧内の百分率は、母集団に占める割合を示す。

第4表：1995年1月の月最低気温ランキング（低い方から）.

順位	地点名	県名	最低気温(℃)	高度(m)	起日(日)
1	藪川	岩手	-24.0	680	17
2	区界	岩手	-19.7	760	28
3	軽米	岩手	-18.9	153	17
4	江刺	岩手	-17.8	42	27
4	沢内	岩手	-17.8	327	21
6	雫石	岩手	-17.7	195	12
7	岩手松尾	岩手	-17.5	275	17
7	奥中山	岩手	-17.5	430	17
7	湯本	福島	-17.5	640	28
10	湯田	岩手	-17.3	250	21



第5表：旭川と帯広の1月における最低気温の比較.

[大和田・鈴木 1979]

旭川と帯広の1月における最低気温の比較

年	旭 川			帯 広		
	平均最低気温	最 低 気 温	-15.0℃以下 の出現日数	平均最低気温	最 低 気 温	-15.0℃以下 の出現日数
1965	-10.6℃	-26.0℃	4 日	-12.6℃	-21.9℃	13 日
66	-11.4	-21.8	11	-15.6	-25.4	18
67	-15.0	-27.7	12	-16.0	-25.4	17
68	-11.6	-25.2	10	-12.6	-19.6	9
69	-13.3	-26.1	10	-16.3	-24.4	20
70	-16.2	-25.8	15	-18.1	-25.5	24
71	-14.7	-22.2	17	-15.1	-21.7	18
72	-12.9	-23.4	13	-14.7	-23.1	16
73	-10.6	-21.6	5	-12.8	-21.6	13
74	-12.8	-21.0	10	-10.3	-18.1	3
平 均	-12.9	-24.1	10.7	-14.4	-22.7	15.1

第 6 表：選出された 1・2 月および 6・7 月の解析対象日（LTD）夏と冬.

Winter				Summer			
Jan.		Feb.		Jun.		Jul.	
Year	Date	Year	Date	Year	Date	Year	Date
79	29	79	9	79	1	79	6 18
80		80	22	80	20	80	2
81	26	81	27	81	1	81	3 4
82	27	82	2	82	14	82	1
83	21 23	83	28	83	3	83	
84		84	7	84	21	84	10 11
85	24 25	85	3 9	85	1 15	85	9 10
86		86		86		86	3
87	21	87	20	87	1	87	1 3
88		88	15 16	88	6	88	
89	26	89	11	89	11	89	2 3
90	28	90	1	90	7	90	1
91	23	91	19 20	91		91	1 3
92	31	92	5 6	92	25	92	
93	23	93	9 20	93		93	1 2
94	29 30	94	3 4	94		94	6
95	18	95	4	95	11	95	18
96	26	96	2 20	96	1 6	96	7 8
Amount	17	Amount	24	Amount	16	Amount	24

第7表：選出された1・2月の解析対象日（LTD）の詳細事例.

月最低気温を記録した地点の道内の全観測地点からの比率(単位:%)

1・2月

*Jan.*

[illegible]

Feb.

[illegible]

第 8 表：LTD の稚内 (Wk)、札幌 (Sp)、根室 (Nm) における 850、700、500hPa  
面の気温平均値 (第 8 表－ a) と風速平均値 (第 8 表－ b) (冬期は 1・2 月、  
夏期は 6・7 月、一印は 1961～1990 年の平均値よりも低いことを示す)。

## a: Temperature

Winter		Temperature(°C)				
hPa	Sp	Wk		Nm		
500	-38.8	-3.4	-40.1	-3.0	-39.0	-3.8
700	-25.3	-4.2	-26.6	-3.6	-25.0	-4.3
850	-16.2	-3.2	-18.8	-3.6	-17.0	-4.2

Summer		Temperature(°C)				
hPa	Sp	Wk		Nm		
500	-14.4	-2.4	-15.5	-3.3	-15.1	-3.6
700	0.8	-3.2	-0.2	-3.2	-0.8	-4.1
850	8.1	-3.1	8.1	-3.2	6.1	-4.9

## b: Wind Speed

Winter		Wind Speed (m/s)				
hPa	Sp	Wk		Nm		
500	17.9	-1.0	13.0	-0.8	16.7	-1.7
700	11.5	0.0	11.3	2.6	11.8	0.7
850	8.7	1.5	9.6	4.3	9.2	2.3

Summer		Wind Speed (m/s)				
hPa	Sp	Wk		Nm		
500	12.5	3.6	12.6	5.2	16.0	6.6
700	7.4	2.4	9.0	4.9	10.1	5.2
850	5.6	2.3	6.3	2.5	8.5	6.0

第9表：降雪100%、0%気温と固体・液体降水同日発生確率.

[水津 2001]

気象 官署	降雪 100% 気温 (℃)	降雪 0% 気温 (℃)	日 数			発生確率 (%)			観測回 数/日
			固体と 液体	固体 のみ	液体 のみ	固体と 液体	固体 のみ	液体 のみ	
旭川	0.6	3.8	154	17	26	78.2	8.6	13.2	7~8
札幌	1.0	4.0	143	10	30	78.1	5.5	16.4	7~8
青森	0.8	4.0	217	6	42	81.9	2.3	15.8	7~8
盛岡	0.0	4.0	184	21	45	73.6	8.4	18.0	7~8
新庄	0.4	4.0	155	76	124	43.7	21.4	34.9	2~3
山形	0.2	4.0	186	62	52	62.0	20.7	17.3	4
高田	0.6	4.0	349	28	68	78.4	6.3	15.3	7~8
前橋	0.2	3.0	27	10	1	71.1	26.3	2.6	8
高山	0.0	4.2	134	68	90	45.9	23.3	30.8	3

1986-87から95-96の10寒候期データに基づく.

日数は日平均気温が降雪100%と0%気温の間で、降水の種類が判別できた日数.  
観測回数/日は1日あたりの天気観測回数、年によって異なる観測所もある.

第 10 表：並年、寒冬年、暖冬年における気象官署の順位加算表.

(地点番号は第 64 図の番号と対応)

平年，寒冬年，暖冬年の気象官署における順位加算表

Obsv.No in Fig.1	Obsv./Year	Cold						Warm						Normal											
		Winter						Winter						Winter											
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	AVG	
1	Wakkanai	7	1	4	17	11	1	5	2	6	10	22	20	21	15	16	13	9	19	12	18	8	3		
2	Kitami-Esashi	11	16	5	14	6	1	10	2	4	12	21	20	22	15	17	7	9	18	13	19	8	3		
3	Asahikawa	14	10	4	16	11	1	8	2	5	13	22	20	21	15	17	7	12	18	6	19	9	3		
4	Haboro	12	11	4	13	15	1	5	2	7	10	22	20	21	14	17	16	9	19	8	18	6	3		
5	Suttisu	17	10	15	18	13	1	5	2	6	4	22	21	20	8	19	12	9	16	11	14	3	7		
6	Abashiri	13	15	4	12	11	1	5	2	8	7	21	20	22	17	16	10	6	18	14	19	9	3		
7	Nemuro	12	18	10	13	7	2	3	1	4	6	19	20	21	22	17	11	9	14	16	15	5	8		
8	Urakawa	17	9	5	12	10	1	3	2	7	4	22	20	21	11	19	13	14	16	18	15	6	8		
9	Mutsu	16	9	6	10	8	1	2	3	7	4	22	20	21	17	19	14	11	12	18	13	5	15		
10	Fukaura	14	7	5	10	15	1	2	3	6	4	22	20	19	16	21	9	13	11	17	12	8	18		
11	Akita	15	5	6	8	14	1	3	2	7	4	21	16	19	17	22	10	13	9	20	10	12	18		
12	Morioka	21	5	3	7	14	1	4	2	8	6	22	20	18	17	19	10	9	11	16	13	12	15		
13	Miyako	16	3	5	8	12	1	4	2	7	6	21	19	22	18	20	11	13	10	17	9	14	15		
14	Sendai	18	5	6	8	11	1	3	2	7	4	21	15	16	19	22	13	12	9	20	10	14	17		
15	Sakata	16	5	6	8	10	2	3	1	7	4	19	11	18	20	22	12	15	9	21	14	13	17		
16	Shinjou	16	6	3	5	13	1	4	2	8	7	22	20	17	18	21	12	10	9	19	14	11	15		
17	Yamagata	18	6	4	7	10	1	3	2	8	5	21	16	17	19	22	12	11	9	20	13	14	15		
18	Wakamatsu	17	6	3	5	10	1	4	2	9	8	22	20	19	21	11	12	7	18	16	13	14	15		
19	Shirakawa	19	7	3	6	10	1	4	2	8	5	22	20	16	18	21	13	11	9	17	12	15	14		
20	Aikawa	16	7	8	6	12	1	3	2	4	5	20	9	15	21	22	10	14	13	19	16	11	18		
21	Nilgata	18	8	5	7	10	1	3	2	9	6	21	12	16	19	22	13	15	4	20	17	11	14		
	Σ	323	169	114	210	233	23	86	42	142	134	447	379	402	357	402	240	231	271	338	303	208	244	240.8	
	RANK W to C	7	16	19	14	12	22	20	21	17	18	1	4	2	5	2	11	13	9	6	8	15	10	-	
	RANK C to W	16	7	4	9	11	1	3	2	6	5	22	19	20	18	20	12	10	14	17	15	8	13	-	
	TTL AVG	15.4	8.0	5.4	10.0	11.1	1.1	4.1	2.0	6.8	6.4	21.3	18.0	19.1	17.0	19.1	11.4	11.0	12.9	16.1	14.4	9.9	11.6	11.5	
	Hokkaido AVG	12.9	11.3	6.4	14.4	10.5	1.1	5.5	1.9	5.9	8.3	21.4	20.1	21.1	14.6	17.3	11.1	9.6	17.3	12.3	17.1	6.8	4.8	11.4	
	Tohoku AVG	16.9	6.1	4.8	7.3	11.5	1.1	3.2	2.1	7.3	5.2	21.2	16.8	17.9	18.5	20.3	11.6	11.8	10.2	18.5	12.8	11.8	15.8	11.5	
	ΔHA-TA	-4.0	5.2	1.5	7.1	-1.0	0.0	2.3	-0.2	-1.4	3.0	0.1	3.4	3.2	-3.8	-3.1	-0.5	-2.2	7.0	-6.2	4.4	-5.1	-11.1	-0.1	
	S.D.	3.1	4.2	2.8	4.0	2.4	0.3	1.9	0.4	1.5	2.7	1.0	3.5	2.3	3.3	2.9	2.2	2.5	4.4	1.1	3.1	3.6	5.8	2.8	

第 11 表：寒冬年（1984 年）の  $f(< 0^{\circ}\text{C})$  未満となった時間数 ( $h < 0^{\circ}\text{C}$ ) 上位  
10 位までの地点と順位.

順位 Rank	地点名 Name of AMeDAS Observatory		標 高 Elevation (m)	$f(< 0^{\circ}\text{C})$ (%)	$h(< 0^{\circ}\text{C})$ (h)
1	糠平	Nukabira	540	98.5	2885
2	忠別	Chubetsu	310	98.5	2883
3	真狩	Makkari	440	98.1	2873
4	朱鞠内	Shumarinai	255	97.9	2867
5	留辺蘂	Rubeshibe	325	97.9	2866
6	上川	Kamikawa	324	97.6	2859
7	麓郷	Rokugou	315	97.6	2898
8	幾寅	Ikutora	350	97.5	2855
8	幌加内	Horokanai	159	97.5	2855
10	美瑛	Biei	250	97.5	2854
10	白滝	Shirataki	475	97.5	2854

第 12 表：各時間帯別の最低気温出現頻度.

時間帯 06:10 ～ 06:50			06:30 ～ 07:10			06:50 ～ 07:30		
順位	地点	頻度(回)	順位	地点	頻度(回)	順位	地点	頻度(回)
1	陸 別(十勝)	213	1	足 寄(十勝)	197	1	浦 幌(十勝)	186
2	標 茶(釧路)	182	2	陸 別(十勝)	193	2	足 寄(十勝)	185
3	帯 広(十勝)	174	3	本 別(十勝)	186	3	本 別(十勝)	157
4	本 別(十勝)	172	4	浦 幌(十勝)	183	4	大 津(十勝)	150
5	足 寄(十勝)	161	5	大 津(十勝)	164	5	遠 野(岩手)	142
6	二本松(福島)	161	6	東白川(福島)	162	6	北 上(岩手)	140
7	東白川(福島)	161	7	標 茶(釧路)	157	7	新 和(日高)	135
8	小名浜(福島)	157	8	遠 野(岩手)	156	8	金 山(福島)	135
9	北 見(網走)	154	9	川 内(福島)	155	9	陸 別(十勝)	130
10	糠 平(十勝)	150	10	帯 広(十勝)	154	10	只 見(福島)	128

(括弧内は県名・支庁名)



第 13 表：コレスポンドンス分析によって解析するデータ行列の例.

地点/時刻	1	2	3	4	5	10	11	12	13	14
宗谷岬	6	7	13	12	8	12	5	8	9	8
船舶	12	17	12	14	13	10	7	8	3	7
稚内	9	9	8	10	9	10	6	3	7	4
浜鬼士別	12	13	13	15	13	13	12	9	9	12
沼川	3	6	6	5	6	7	8	9	4	9
沓形	10	9	9	7	2	8	8	7	11	6
豊富	5	6	6	5	4	3	6	5	3	4
浜頓別	8	6	3	6	9	10	10	6	9	8
.				.			.			
.				.			.			
十日町	6	7	6	4	3	4	7	8	4	7
糸魚川	8	7	7	4	5	6	7	6	6	8
能生	10	11	14	14	14	11	4	9	10	6

(縦方向に地点名, 横方向は 00:10 ~ 01:40 の時刻を表す)

第 14 表：東日本大震災被災翌日から 3 月末までの日最低気温。

(津波災害を受けた地域で、かつ欠測が少ない地点)

[気象庁・気象統計情報]

(ボールドとアンダーラインは最低値、ボールドのみは 2 位の値)

< Iwate Pref.				> <				Miyagi Pref.				> < Fukushima Pref.			
YYYY/MM/DD	種市	久慈	普代	小本	気仙沼	石巻	塩釜	仙台	名取	亘理	丸森	相馬	広野	小名浜	
2011/3/12	-3.6	-3.3	-5.6		-2.7	-1.4	-2.9	-1.1		-3.7	-4.2	-1.6	0.9	0.5	
2011/3/13	-2.7	-3.4	-3.5	-3.9	-2.5	-0.5	-0.4	-0.5		-1.3	-5.3	-2.1	1.7	1.9	
2011/3/14	0.1	0.0	0.2	-0.3		2.4	3.0	2.3			-2.1	-0.9		0.8	
2011/3/15	-0.6	-0.3	-0.4	-0.5		5.5	0.0	0.4		1.7		3.1		6.9	
2011/3/16	-3.1	-2.3	<b>-6.4</b>	-4.6			-3.7	-1.9		-2.2		-1.4			
2011/3/17	<b>-4.5</b>	-3.6	-5.8	<b>-5.9</b>			<b>-4.2</b>	<b>-2.7</b>		-2.6		-2.9			
2011/3/18	<b>-3.9</b>	<b>-3.7</b>	-5.1	-3.5			<b>-3.8</b>	<b>-4.1</b>		<b>-4.2</b>		<b>-4.9</b>		0.8	
2011/3/19	-1.5	-2.9				7.1	-1.6	-0.8		-1.4		-1.9		0.6	
2011/3/20	2.4	-0.5			1.8	3.7	3.3	4.0		3.5		1.4		4.9	
2011/3/21	-2.8	-1.9	-2.0	-1.5	0.9	2.6	2.2	4.4		3.5	2.7	3.9	4.7	6.0	
2011/3/22	-2.8	-3.4	-3.5	-1.7	-0.3	-0.4	0.2	1.4		1.4	1.9	2.8	2.3	4.7	
2011/3/23	-3.5	-2.6	-3.5	<b>-5.3</b>	-2.5	-1.1	-2.2	0.8		-2.3	-2.6	-1.8	-2.3	1.9	
2011/3/24	-3.5	<b>-4.7</b>	-5.5		<b>-4.4</b>	<b>-2.9</b>	-2.6	-1.5		-2.5	<b>-5.7</b>	<b>-4.1</b>	<b>-3.5</b>	0.3	
2011/3/25	-4.1	-4.0	-4.5		-2.9	-1.8	-1.3	-1.1	2.5	<b>-3.8</b>	<b>-5.0</b>	-3.2	<b>-2.5</b>	<b>-1.7</b>	
2011/3/26	-2.0	-0.5	-3.2		-2.0	-0.9	-0.6	-0.4	0.4	-0.9	-1.8	0.5	1.3	2.4	
2011/3/27	-3.6	-3.3	-5.4		-2.5	<b>-2.3</b>	-2.2	-1.3	-2.3	-2.4	-3.6	-0.6	-2.0	1.8	
2011/3/28	-2.5	<b>-4.7</b>	<b>-5.9</b>	-2.9	<b>-2.9</b>	<b>-2.3</b>	-2.2	-1.7	-2.2	-3.0	-4.7	-4.5	-2.3	1.1	
2011/3/29	-0.4	-2.6	-3.4	-3.6	-2.6	-1.0	-0.4	-0.4	-2.1	-1.1	-3.2	-2.1	-1.5	<b>-0.1</b>	
2011/3/30	-1.0	-2.1	-1.7	-1.9	-1.0	1.1	2.2	1.4	0.9	1.9	-3.4	-1.4	0.8	2.1	
2011/3/31	-1.9	-2.3	-2.6	-2.0	0.4	4.0	2.3	3.2	3.8	2.2	-0.7	0.9	1.8	4.2	

第 15 表：日最低気温の順位表 (0.1℃).

[気象庁 1962]

順位 Ranking 月 Month		1 位 No.1			2 位 No.2			3 位 No.3			4 位 No.4			5 位 No.5			No.6
		値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	
584 盛 岡 Morioka 統計期間 Period: 1931- 1960																	
1	Jan.	-206	45	26	-182	39	18	-179	38	4	-178	47	29	-177	45	27	
2	Feb.	-177	46	10	-171	31	12	-168	38	8	-159	44	3	-159	42	8	
3	Mar.	-171	33	7	-162	36	1	-148	36	3	-143	46	11	-134	46	13	
4	April	-64	39	5	-64	35	4	-62	36	2	-62	34	7	-61	49	3	
5	May	-20	34	3	-19	46	4	-17	57	4	-17	47	5	-15	51	3	
6	June	13	54	9	21	54	10	22	49	9	40	49	4	42	36	8	
7	July	58	45	24	76	51	3	80	42	16	85	51	4	88	45	23	
8	Aug.	74	53	31	99	53	25	103	40	28	106	53	29	111	53	26	
9	Sept.	25	60	29	27	40	30	32	37	29	33	33	29	41	48	19	
10	Oct.	-32	50	26	-30	52	27	-24	34	31	-23	41	31	-23	33	31	
11	Nov.	-86	60	30	-74	60	29	-73	48	29	-72	49	30	-68	49	29	
12	Dec.	-177	44	18	-150	59	18	-150	49	30	-150	44	17	-146	38	26	
全 期 間 Total Period		-206	45	26 Jan.	-182	39	18 Jan.	-179	38	4 Jan.	-178	47	29 Jan.	-177	46	10 Feb.	
585 宮 古 Miyako 統計期間 Period: 1939- 1960																	
1	Jan.	-128	46	18	-124	60	23	-124	40	15	-120	45	25	-118	52	19	
2	Feb.	-140	42	21	-130	42	10	-126	42	20	-126	42	9	-123	44	3	
3	Mar.	-108	52	5	-103	45	18	-92	45	19	-92	43	4	-88	46	1	
4	April	-45	60	3	-38	49	3	-33	47	1	-32	40	7	-31	55	5	
5	May	-07	57	4	-03	55	2	01	51	3	02	47	4	04	47	2	
6	June	29	54	10	32	54	9	56	41	14	57	45	2	59	47	17	
7	July	58	45	24	80	45	23	89	57	10	92	51	3	92	42	16	
8	Aug.	108	53	31	113	53	25	121	56	26	123	48	31	128	40	10	
9	Sept.	47	40	29	59	40	30	65	48	29	69	60	29	78	60	26	
10	Oct.	-14	41	28	-11	41	27	-05	52	27	-03	50	26	00	57	19	
11	Nov.	-57	60	30	-56	52	14	-47	60	28	-46	47	29	-45	52	13	
12	Dec.	-114	44	18	-111	49	30	-107	52	24	-100	49	29	-93	52	27	
全 期 間 Total Period		-140	42	21 Feb.	-130	42	10 Feb.	-128	46	18 Jan.	-126	42	20 Feb.	-126	42	9 Feb.	
587 酒 田 Sakata 統計期間 Period: 1937- 1960																	
1	Jan.	-169	40	22	-153	40	21	-124	45	10	-119	39	18	-119	39	11	
2	Feb.	-125	42	12	-123	44	3	-120	38	8	-114	45	22	-110	40	11	
3	Mar.	-69	39	1	-65	38	15	-64	47	1	-63	46	13	-57	43	8	
4	April	-27	39	7	-24	39	5	-18	56	4	-18	43	17	-18	43	2	
5	May	-02	51	3	04	53	3	09	47	2	10	47	5	13	53	2	
6	June	79	57	6	85	55	1	85	37	3	87	48	1	92	37	12	
7	July	118	45	24	124	39	2	128	45	25	134	50	1	134	41	16	
8	Aug.	134	42	23	139	40	9	140	56	23	147	56	30	149	48	31	
9	Sept.	77	40	30	78	60	29	88	57	29	90	53	21	91	40	21	
10	Oct.	14	41	31	16	50	26	20	50	25	21	38	18	25	39	23	
11	Nov.	-17	51	28	-15	42	17	-13	51	27	-12	41	30	-10	45	27	
12	Dec.	-74	47	30	-74	47	27	-72	37	23	-71	49	27	-69	47	29	
全 期 間 Total Period		-169	40	22 Jan.	-153	40	21 Jan.	-125	42	12 Feb.	-124	45	10 Jan.	-123	44	3 Feb.	
588 山 形 Yamagata 統計期間 Period: 1931- 1960																	
1	Jan.	-167	39	18	-147	39	7	-146	34	29	-144	40	22	-144	39	16	
2	Feb.	-168	42	12	-140	31	23	-130	44	3	-130	31	12	-129	33	4	
3	Mar.	-106	36	2	-101	33	8	-99	31	6	-98	36	5	-97	38	15	
4	April	-73	41	2	-56	36	2	-55	36	1	-52	41	8	-51	35	4	
5	May	-18	34	3	-12	57	4	-11	31	3	-07	41	16	-07	34	4	
6	June	41	37	12	48	58	3	49	37	3	55	35	1	56	36	8	
7	July	101	53	12	104	36	7	113	54	14	116	32	4	117	45	25	
8	Aug.	112	40	28	113	40	9	115	56	26	124	53	29	128	35	9	
9	Sept.	47	40	29	48	40	25	49	60	29	54	60	30	55	40	30	
10	Oct.	-24	38	18	-16	41	31	-14	33	31	-05	45	28	-05	41	28	
11	Nov.	-54	41	23	-52	36	21	-46	48	29	-45	55	27	-44	45	29	
12	Dec.	-116	35	27	-110	47	20	-109	35	26	-109	35	15	-103	47	21	
全 期 間 Total Period		-168	42	12 Feb.	-167	39	18 Jan.	-147	39	7 Jan.	-146	34	29 Jan.	-144	40	22 Jan.	
590 仙 台 Sendai 統計期間 Period: 1931- 1960																	
1	Jan.	-117	45	26	-115	36	18	-113	45	25	-112	39	18	-100	45	28	
2	Feb.	-115	31	12	-111	42	18	-104	42	10	-104	42	9	-99	39	11	
3	Mar.	-89	34	7	-80	46	12	-80	36	1	-80	33	7	-79	57	1	
4	April	-50	34	3	-45	41	2	-43	36	1	-41	40	1	-40	41	9	
5	May	-03	34	3	04	51	3	05	31	3	08	53	3	11	34	3	
6	June	55	35	3	65	36	8	69	31	4	71	48	6	72	37	12	
7	July	104	45	25	115	35	12	116	51	4	116	41	24	125	54	12	
8	Aug.	129	40	29	131	40	28	137	53	26	138	56	26	141	35	9	
9	Sept.	56	40	29	62	33	29	76	60	29	82	35	16	83	41	28	
10	Oct.	-01	45	28	02	41	28	07	41	31	09	46	29	09	33	31	
11	Nov.	-42	38	26	-39	60	28	-32	41	23	-31	41	30	-30	43	30	
12	Dec.	-91	44	18	-86	37	30	-85	35	15	-84	47	19	-81	44	17	
全 期 間 Total Period		-117	45	26 Feb.	-115	36	18 Feb.	-113	31	12 Feb.	-112	45	25 Jan.	-100	39	18 Jan.	

第 15 表の続き：日最低気温の順位表 (0.1℃).

[気象庁 1962]

Table 3. 8 Ranking of Daily Minimum Temperature 0.1℃

月 Month	順位 Ranking	1 位 No.1			2 位 No.2			3 位 No.3			4 位 No.4			5 位 No.5		
		値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date	値 Value	年 Year	日 Date
592 石 巻 Ishinomaki 統計期間 Period: 1931- 1960																
1 Jan.	-133	39	18	-123	40	21	-122	40	10	-117	40	22	-113	39	11	
2 Feb.	-119	44	3	-113	40	11	-107	42	9	-105	31	12	-104	45	21	
3 Mar.	-69	34	5	-67	52	5	-67	42	19	-67	33	3	-66	57	2	
4 April	-45	41	2	-36	49	3	-33	36	1	-31	34	7	-29	41	9	
5 May	-01	53	3	05	51	3	12	34	3	17	53	2	19	47	2	
6 June	77	37	14	79	35	3	80	49	3	84	36	8	84	31	4	
7 July	111	54	13	115	45	24	116	54	14	120	51	4	120	35	12	
8 Aug.	130	53	26	139	40	9	140	53	31	141	53	25	141	40	28	
9 Sept.	62	40	29	69	60	29	71	33	29	75	56	29	75	40	30	
10 Oct.	09	41	31	09	41	28	11	52	27	14	60	29	14	33	31	
11 Nov.	-28	51	28	-28	48	29	-26	60	30	-25	36	21	-24	60	26	
12 Dec.	-105	47	19	-103	45	25	-97	49	30	-88	47	30	-83	40	15	
全 期 間 Total Period	-133	39	18	-123	40	21	-122	40	10	-119	44	3	-117	40	22	
595 福 島 Fukushima 統計期間 Period: 1931- 1960																
1 Jan.	-136	36	25	-132	45	26	-132	39	8	-124	45	28	-118	31	16	
2 Feb.	-126	42	11	-123	36	4	-118	45	22	-112	47	5	-109	42	12	
3 Mar.	-129	36	1	-100	34	6	-94	49	2	-90	36	3	-80	36	6	
4 April	-55	34	3	-54	34	7	-48	41	2	-46	36	2	-44	49	3	
5 May	-09	34	3	-07	53	3	00	47	2	02	31	3	05	57	4	
6 June	59	35	3	63	36	8	70	33	8	72	48	6	73	35	2	
7 July	117	54	14	129	36	6	130	45	10	133	54	12	133	53	15	
8 Aug.	123	56	20	128	42	22	129	40	28	137	56	26	138	56	21	
9 Sept.	59	60	29	68	51	28	69	60	30	71	40	24	76	33	29	
10 Oct.	-13	41	28	-07	41	31	01	47	31	01	34	31	01	34	30	
11 Nov.	-58	41	23	-51	51	29	-49	31	30	-45	51	28	-45	40	28	
12 Dec.	-108	44	18	-97	42	29	-94	38	29	-86	38	29	-84	47	21	
全 期 間 Total Period	-136	36	25	-132	45	26	-132	39	8	-126	42	11	-124	45	28	
597 白 河 Shirakawa 統計期間 Period: 1940- 1960																
1 Jan.	-134	51	16	-130	45	18	-122	45	4	-121	45	28	-121	45	22	
2 Feb.	-125	40	10	-122	47	5	-118	42	17	-116	44	9	-115	45	22	
3 Mar.	-99	54	9	-99	49	2	-89	45	18	-84	45	9	-78	56	11	
4 April	-57	49	3	-57	41	3	-51	42	1	-48	60	9	-47	45	8	
5 May	-23	57	4	-20	53	3	-13	47	2	-11	45	1	-11	41	15	
6 June	51	57	4	59	55	1	71	41	9	73	56	11	75	58	3	
7 July	95	41	15	106	51	4	112	45	10	114	45	24	121	51	3	
8 Aug.	116	40	9	122	44	31	127	56	20	130	56	21	135	53	26	
9 Sept.	39	60	29	41	60	30	51	55	28	51	51	28	54	55	25	
10 Oct.	-25	41	28	-20	46	29	-20	45	28	-16	41	31	-11	41	22	
11 Nov.	-68	51	29	-54	41	23	-52	58	29	-50	49	29	-49	50	27	
12 Dec.	-96	46	29	-95	44	30	-94	46	30	-92	56	25	-92	47	30	
全 期 間 Total Period	-134	51	16	-130	45	18	-125	40	10	-122	47	5	-122	45	4	
598 小 名 浜 Onahama 統計期間 Period: 1931- 1960																
1 Jan.	-93	40	11	-89	45	30	-83	45	26	-83	36	25	-82	45	28	
2 Feb.	-107	52	5	-88	52	20	-88	33	26	-78	36	7	-77	45	5	
3 Mar.	-85	34	6	-69	34	30	-69	34	7	-61	58	4	-61	57	2	
4 April	-30	45	7	-26	36	2	-24	42	1	-22	37	1	-22	36	1	
5 May	-06	53	3	-04	45	6	03	57	4	10	31	3	14	34	3	
6 June	65	35	3	70	46	3	71	36	8	72	58	3	80	46	2	
7 July	113	45	25	124	51	4	125	45	24	131	44	7	133	41	15	
8 Aug.	129	40	31	132	39	15	139	56	21	140	31	31	146	56	23	
9 Sept.	81	51	28	83	32	19	94	60	30	94	60	29	94	55	26	
10 Oct.	14	36	24	15	41	28	18	46	29	20	47	31	26	36	25	
11 Nov.	-32	38	27	-22	51	29	-21	43	30	-19	31	30	-18	60	28	
12 Dec.	-65	32	26	-60	44	28	-58	38	29	-56	49	30	-54	56	30	
全 期 間 Total Period	-107	52	5	-93	40	11	-89	45	30	-88	52	20	-88	33	26	
600 輪 島 Wajima 統計期間 Period: 1931- 1960																
1 Jan.	-104	43	30	-82	36	25	-78	38	18	-77	51	7	-75	31	11	
2 Feb.	-102	31	12	-93	53	6	-79	33	23	-78	31	13	-77	40	17	
3 Mar.	-73	33	10	-66	47	1	-65	33	8	-63	57	3	-61	45	1	
4 April	-40	34	7	-29	34	15	-27	31	3	-26	34	6	-24	35	1	
5 May	04	53	3	07	57	4	11	47	10	12	52	6	13	47	2	
6 June	74	36	8	79	37	13	80	42	2	81	35	1	83	41	9	
7 July	121	36	6	122	41	15	131	36	5	133	49	10	134	32	4	
8 Aug.	132	56	20	137	56	19	142	40	28	143	35	9	145	56	26	
9 Sept.	68	40	30	74	33	29	80	41	22	81	33	28	87	41	21	
10 Oct.	22	46	29	23	47	31	26	41	31	27	34	30	30	40	23	
11 Nov.	-14	45	29	-11	45	28	-04	39	14	-01	33	25	-04	43	30	
12 Dec.	-65	47	29	-54	47	30	-53	56	30	-36	42	27	-35	56	29	
全 期 間 Total Period	-104	43	30	-102	31	12	-93	53	6	-82	36	25	-79	33	23	

第 16 表：最低気温の低い方から（1 月）[気象庁 気象統計情報].

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

最低気温の低い方から

順位	都道府県	地点	観測値		現在観測を実施
			℃	起日	
1	北海道 上川地方	旭川 *	-41.0	1902 年 1 月 25 日	○
2	北海道 十勝地方	帯広 *	-38.2	1902 年 1 月 26 日	○
3	静岡県	富士山 *	-37.3	1997 年 1 月 22 日	○
4	北海道 上川地方	江丹別	-37.1	1985 年 1 月 24 日	○
5	北海道 宗谷地方	歌登	-37.0	1985 年 1 月 24 日	○
6	北海道 上川地方	和寒	-36.8	1985 年 1 月 25 日	○
7	北海道 上川地方	幌加内	-36.1	1987 年 1 月 21 日	○
8	北海道 宗谷地方	中頓別	-35.9	1985 年 1 月 24 日	○
9	北海道 上川地方	占冠	-35.8	2001 年 1 月 14 日	○
//	北海道 上川地方	朱鞠内	-35.8	1990 年 1 月 28 日	○
11	北海道 後志地方	倶知安 *	-35.7	1945 年 1 月 27 日	○
12	北海道 上川地方	中川	-35.6	1985 年 1 月 24 日	○
13	北海道 留萌地方	幌糠	-35.4	1985 年 1 月 25 日	○
14	北海道 上川地方	下川	-35.1	1985 年 1 月 25 日	○
//	北海道 上川地方	士別	-35.1	1985 年 1 月 25 日	○
16	北海道 上川地方	美深	-34.9	1979 年 1 月 29 日	○
17	北海道 上川地方	音威子府	-34.8	1985 年 1 月 26 日	○
18	北海道 上川地方	名寄	-34.5	1979 年 1 月 29 日	○
//	北海道 上川地方	富良野	-34.5	1977 年 1 月 29 日	○
20	北海道 網走・北見・紋別地方	佐呂間	-34.3	1985 年 1 月 25 日	○

第 17 表：最低気温の低い方から（2 月）[気象庁 気象統計情報].

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

最低気温の低い方から

順位	都道府県	地点	観測値		現在観測を実施
			℃	起日	
1	北海道 上川地方	旭川 *	-38.3	1902 年 2 月 11 日	○
2	北海道 上川地方	江丹別	-38.1	1978 年 2 月 17 日	○
3	静岡県	富士山 *	-38.0	1981 年 2 月 27 日	○
4	北海道 宗谷地方	歌登	-37.9	1978 年 2 月 17 日	○
5	北海道 上川地方	幌加内	-37.6	1978 年 2 月 17 日	○
6	北海道 上川地方	美深	-37.0	1978 年 2 月 17 日	○
7	北海道 上川地方	下川	-36.1	1978 年 2 月 17 日	○
8	北海道 十勝地方	帯広 *	-36.0	1902 年 2 月 20 日	○
9	北海道 上川地方	名寄	-35.7	1982 年 2 月 2 日	○
10	北海道 宗谷地方	中頓別	-35.6	1982 年 2 月 5 日	○
11	北海道 上川地方	占冠	-35.4	1982 年 2 月 8 日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	佐呂間	-35.4	1978 年 2 月 17 日	○
13	北海道 上川地方	和寒	-35.2	1978 年 2 月 17 日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	滝上	-35.2	1978 年 2 月 17 日	○
15	北海道 上川地方	音威子府	-34.9	1982 年 2 月 5 日	○
16	北海道 宗谷地方	沼川	-34.4	1978 年 2 月 17 日	○
17	北海道 上川地方	士別	-34.2	1978 年 2 月 17 日	○
18	北海道 釧路地方	川湯	-34.0	1978 年 2 月 25 日	○
//	北海道 上川地方	富良野	-34.0	1978 年 2 月 17 日	○
20	北海道 根室地方	別海	-33.7	1978 年 2 月 25 日	○

第 18 表：最低気温の低い方から（3 月）[気象庁 気象統計情報].

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

最低気温の低い方から

順位	都道府県	地点	観測値		現在観測を実施
			℃	起日	
1	北海道 十勝地方	帯広 *	-35.2	1895年3月3日	○
2	北海道 宗谷地方	歌登	-34.1	1986年3月4日	○
//	北海道 上川地方	旭川 *	-34.1	1895年3月3日	○
4	静岡県	富士山 *	-33.9	1946年3月8日	○
5	北海道 上川地方	朱鞠内	-33.2	1986年3月4日	○
6	北海道 上川地方	下川	-32.3	1986年3月4日	○
7	北海道 上川地方	占冠	-32.1	1986年3月4日	○
8	北海道 上川地方	美深	-31.5	1986年3月4日	○
9	北海道 上川地方	幌加内	-31.4	1986年3月4日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	滝上	-31.4	1986年3月4日	○
11	北海道 上川地方	幾寅	-31.2	1986年3月4日	○
12	北海道 網走・北見・紋別地方	佐呂間	-30.8	1986年3月4日	○
13	北海道 上川地方	江丹別	-30.6	1986年3月4日	○
14	北海道 釧路地方	川湯	-30.3	1981年3月9日	○
15	北海道 上川地方	名寄	-30.2	1986年3月4日	○
16	北海道 上川地方	音威子府	-30.1	1986年3月4日	○
17	北海道 宗谷地方	中頓別	-30.0	1986年3月4日	○
//	北海道 留萌地方	幌糠	-30.0	1986年3月4日	○
19	北海道 網走・北見・紋別地方	(旧)白滝	-29.9	1986年3月4日	△
20	北海道 宗谷地方	沼川	-29.0	1986年3月4日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	生田原	-29.0	1986年3月4日	○

第 19 表：最低気温の低い方から（6 月）[気象庁 気象統計情報].

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

最高気温の低い方から

順位	都道府県	地点	観測値		現在観測を実施
			℃	起日	
1	静岡県	富士山 *	-6.6	1981年6月2日	○
2	北海道 網走・北見・紋別地方	宇登呂	3.1	1989年6月9日	○
3	北海道 網走・北見・紋別地方	網走 *	3.2	1917年6月3日	○
4	北海道 釧路地方	川湯	3.5	1983年6月2日	○
5	北海道 根室地方	納沙布	4.0	1993年6月6日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	小清水	4.0	1983年6月2日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	雄武 *	4.0	1973年6月1日	○
8	北海道 釧路地方	阿寒湖畔	4.1	1989年6月9日	○
//	青森県	酸ヶ湯	4.1	1983年6月2日	○
//	北海道 宗谷地方	浜頓別	4.1	1983年6月1日	○
11	北海道 釧路地方	弟子屈	4.2	1983年6月2日	○
12	北海道 網走・北見・紋別地方	紋別 *	4.3	1983年6月2日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	美幌	4.3	1983年6月2日	○
//	北海道 宗谷地方	稚内 *	4.3	1973年6月1日	○
//	北海道 宗谷地方	北見枝幸 *	4.3	1973年6月1日	○
16	北海道 網走・北見・紋別地方	興部	4.4	1983年6月2日	○
//	北海道 根室地方	根室 *	4.4	1931年6月3日	○
18	北海道 釧路地方	知方学	4.5	1997年6月1日	○
//	北海道 宗谷地方	宗谷岬	4.5	1986年6月3日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	湧別	4.5	1983年6月2日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	常呂	4.5	1983年6月2日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	佐呂間	4.5	1983年6月2日	○
//	北海道 網走・北見・紋別地方	斜里	4.5	1983年6月2日	○

第 20 表：最低気温の低い方から（7 月）[気象庁 気象統計情報].

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

最低気温の低い方から

順位	都道府県	地点	観測値		現在観測を実施
			℃	起日	
1	静岡県	富士山 *	-6.9	1966 年 7 月 4 日	○
2	北海道 根室地方	根室 *	0.4	1883 年 7 月 7 日	○
3	北海道 網走・北見・紋別地方	興部	0.7	1983 年 7 月 10 日	○
4	北海道 釧路地方	鶴居	0.9	1989 年 7 月 2 日	○
5	北海道 宗谷地方	沼川	1.0	1983 年 7 月 9 日	○
//	北海道 宗谷地方	浜頓別	1.0	1983 年 7 月 9 日	○
//	北海道 上川地方	旭川 *	1.0	1890 年 7 月 7 日	○
8	北海道 釧路地方	中徹別	1.2	1979 年 7 月 18 日	○
9	北海道 根室地方	中標津	1.4	1979 年 7 月 18 日	○
10	北海道 網走・北見・紋別地方	雄武 *	1.5	1983 年 7 月 10 日	○
//	北海道 上川地方	下川	1.5	1979 年 7 月 18 日	○
12	北海道 宗谷地方	浜鬼志別	1.7	1993 年 7 月 1 日	○
//	北海道 上川地方	朱鞠内	1.7	1983 年 7 月 8 日	○
14	北海道 根室地方	厚床	1.8	2003 年 7 月 6 日	○
//	北海道 釧路地方	阿寒湖畔	1.8	1985 年 7 月 10 日	○
//	北海道 根室地方	別海	1.8	1983 年 7 月 2 日	○
//	北海道 十勝地方	帯広 *	1.8	1901 年 7 月 6 日	○
18	北海道 釧路地方	川湯	1.9	2015 年 7 月 9 日	○
//	北海道 十勝地方	駒場	1.9	2015 年 7 月 8 日	○
//	北海道 宗谷地方	中頓別	1.9 ]	1983 年 7 月 9 日	○

第 21 表：最低気温の低い方から（8 月）[気象庁 気象統計情報].

（最終閲覧日：2015 年 8 月 31 日）

最低気温の低い方から

順位	都道府県	地点	観測値		現在観測を実施
			℃	起日	
1	静岡県	富士山 *	-4.3	1972 年 8 月 25 日	○
2	北海道 宗谷地方	沼川	1.5	2008 年 8 月 22 日	○
3	北海道 十勝地方	帯広 *	2.1	1893 年 8 月 3 日	○
4	北海道 上川地方	旭川 *	2.4	1889 年 8 月 6 日	○
5	北海道 上川地方	朱鞠内	2.7	2008 年 8 月 22 日	○
//	北海道 上川地方	下川	2.7	2004 年 8 月 26 日	○
//	岩手県	区界	2.7	2001 年 8 月 19 日	○
//	北海道 十勝地方	ぬかびら源泉郷	2.7	1977 年 8 月 24 日	○
9	北海道 網走・北見・紋別地方	滝上	2.9	2004 年 8 月 26 日	○
10	北海道 上川地方	上川	3.0	2008 年 8 月 22 日	○
11	北海道 宗谷地方	声問	3.1	2008 年 8 月 22 日	○
//	岩手県	薮川	3.1	2001 年 8 月 19 日	○
13	北海道 釧路地方	阿寒湖畔	3.2	1993 年 8 月 7 日	○
14	北海道 上川地方	幾寅	3.4	1979 年 8 月 25 日	○
15	北海道 宗谷地方	豊富	3.5	2008 年 8 月 22 日	○
//	岩手県	門馬	3.5	1991 年 8 月 28 日	
//	北海道 宗谷地方	中頓別	3.5	1980 年 8 月 3 日	○
18	北海道 宗谷地方	歌登	3.6	2004 年 8 月 26 日	○
19	北海道 十勝地方	駒場	3.7	2002 年 8 月 23 日	○
//	北海道 根室地方	厚床	3.7	1993 年 8 月 7 日	○